

# வாளியல்

(இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரிய சிறப்புப்பாடம்)

தி. கோவிந்தராசன்

கொ. முத்துசாமி

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

# வா னிய ல்

(இரண்டாம் புத்தகம்)

(பட்டப்படிப்புக்குரிய சிறப்புப்பாடம்)

ஆசிரியர்

தி. கோவித்தராசன்,

பேராசிரியர்,

கணிதத்துறை, அரசினர் கல்லூரி, சேலம்.

கொ. முத்துசாமி,

உதவிப் பேராசிரியர்,

கணிதத்துறை, அரசினர் கல்லூரி, சேலம்.

கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம்

First Edition—December, 1970

D.C.P. No. 256

© Directorate of Collegiate Publications

ASTRONOMY—Major (Book II)

T. GOVINDARAJAN

K. MUTHUSWAMY

***Net Price Rs. 3.75***

(NO DISCOUNT)

*Printed by*  
Kabeer Printing Works,  
Madras-5.

## அணிந்துரை

(திரு. தீரா. நெடுஞ்செழியன், தமிழகக் கவிதி-கலாநாயகர் அவர்கள்)

தமிழகக் கத்துநாடு கவிதி மொழியாக ஆக்கிப் பத்து ஆண்டுகள் ஆகியிருக்கின்றன. குறிப்பிட்ட சில கத்துநாடுகளில் பி.ஏ., வகுப்பு மாணவர்கள் தங்கள் பாடங்கள் அனைத்தையும் தமிழிலேயே கற்றுக்கொண்டனர். 1968-ஆம் ஆண்டில் தொடக்கத்தில் புகழ்முக வகுப்பிலும் (P.U.C.), 1969-ஆம் ஆண்டிலிருந்து பட்டப்படிப்பு வகுப்புகளிலும் கிஞ்சுராணர் பாடங்களையும் தமிழிலேயே கற்பிக்க ஏற்பாடு செய்துள்ளோம். தமிழிலேயே கற்பிப்போம் என முன்வைத்துள்ள கத்துநாடு ஆசிரியர்களின் ஊக்கம், பிற பல துறைகளிலும் தொண்டு செய்வோர் கிதந்தெனத் தந்த உதவியும், தங்கள் சிறப்புத் துறைகளில் தங்கள் எழுதித் தர முன்வந்த தூய்சிரியர்கள் தொண்டுணர்ச்சி கிவற்றின் காரணமாக கித திட்டம் நகமிக்கையே ககிழ்ச்சியும் கனதிறையும் தாததக்க ககை யித நகடபெற்று வருகிறது. கிவகையில், கத்துநாடு பேராசிரியர்கள் கலை, அறிவியல் பாடங்களை மாணவர்க்குத் தமிழிலேயே ககிதறுகிற்பதற்குத் தேகவகாள பகித்சிதையி் பெறுவதற்கு கதுகாரப் பக்ககைக் கழகம் ஆண்டுதோறும் எகுத்துகரும் பெருமுககிதையக் குறிப்பிட்டுச் சொகவகெண்டும்.

பல துறைகளில் பகளிபுறியும் பேராசிரியர்கள் எத்தனைபேர தெருக்கககககககையே குறுகிய காலத்தில் அரிய முகறையி் தூக்கள் எழுதித் தத்துக்களனர்.

கரகாது, அரசியல், உகவியல், பெருகாநாயகம், தத்துகயக், புறியியல், ககிதம், பெகதிகம், கெதரியல், உகிசியல், ககனியல், புக்கியியல் ஆகிய ககககத் துறைகளிலும் தனி தூக்கள், மொழி பெக்ப்பு தூக்கள் கககற கிரு ககககிலும் தமிழ்தகட்டுப் பாடதூக் திறகளத்தின் கத்துநாடு தூக் கெகிபிட்டு கியக்குறகம் தூக்ககை கெகி யிட்டு வருகிறது.

கிவத்துக் ஒக்குள 'ககனியல்-II' கககற கித்துக் தமிழ்தகட்டுப் பாடதூக் திறகளம்—கத்துநாடு தூக் கெகிபிட்டு கியக்குறகத்தின் 250-குகது கெகிபிபாகும். கிதுககை 291 தூக்கள் கெகிவத்துக்கள.

உகழப்பி்க் ககா உறதிகக் கி்ககை; ஆதகிக், உகழத்து கெதறி ககன்போம். தமிழகப் பகிலும் ககககககக் உகக கககககக ககககையே சிறத்த கிடம் பெறகெண்டும்; கிதுகெ தமிழ்ககககிக் குதிக்கோளுககும். தமிழ்தகட்டுப் பக்ககைக் கழகங்களின் பகவகை உதகிககுக்கும் ஒத்துகழப்புக்கும் தம் கககம் ககத்த தகறி உகித் தகருக.

தீரா. நெடுஞ்செழியன்

## பொருளடக்கம்

	பக்கம்
13. மண்ணுலக நெட்டளக்கு (Terrestrial Longitude) ...	1
14. சூரியக் குடும்பம் - சூரியக் (The Solar System - the Planets) ...	19
15. சூரியக் குடும்பத்தின் இயக்கங்கள் (The Motion of the Planets) ...	49
16. வான விண்மீன்கள் - விண்மீன்கள் (Comets and Meteors) ...	80
17. சந்திரன், சூரியன் மறைப்புகள் (Lunar and Solar Eclipses) ...	98
18. சூ. மீ. புள்ளிகளின் பின்னாதி - அச்சு (Precession of the Equinoxes, Nutation) ...	143
19. சூரியன் மையத் தோற்றப் பிழை - நுண்மத் தோற்றப் பிழை (Heliocentric Parallax - Annual Parallax) ...	152
20. ஒளிப் பிழை (Aberration) ...	165
21. விண்மீன்கள் - பேரண்டம் (The Stars - Universe) ...	179
இதனுட்புகள் :	
I. அழிவாய் புகழ்பெற்ற வானியல் முறைகள் ...	200
II. வானக் கோளம் ...	201
III. வானக் கோளம் - வட, தென் அரைக்கோளத்தில் ...	205
IV. பேரண்டத்தில் இன்னும் சந்திரனின் ...	206
கணிதகோளம் அளவாதி ...	211

---

---

**வா னி ய ல்**  
(இரண்டாம் புத்தகம்)

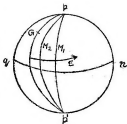
---

---

### 13. மண்ணுவை நெட்டாங்கு (Terrestrial Longitude)

13-0. மண்ணுவை என்ப பகுதியில், 2.21 (3)-ல், ஓரிடத்தின் மண்ணுவை நெட்டாங்கு என்னவென்பது விளக்கப்பட்டது. மண்ணுவைக் கோளத்தின் மேல், மண்ணுவை நடுவரைவை முதலியவை வட்டமாகவும், கிரேவிச் வழியாகச் செல்லும் குத்து வட்டத்தை, நிலைத்த துணைக் குத்து வட்டமாகவும் கொண்டு ஓரிடத்தின் மண்ணுவை நெட்டாங்குக் அளவாகும் அம்மிடத்தை மீடக் குறிக் கும் ஆயத் தொலைவுக் அளவாகும் அங்கு விளக்கப்பட்டது.

13-1. பகுதி (3)-ல் ஓரிடத்தின் அளவாகு அளவும் முறைகள் ஒரு சில விளக்கப்பட்டன. இப் பகுதியில் மண்ணுவை நெட்டாங்குகள் பந்திய சில விவரங்களும் அவற்றின் அளக்கும் முறைகளும் தொகுத்துக் கூறப் படுக.



படம் 13-1

படம் 13-1-ல் மண்ணுவைப் படம் உரைத்து;  $pp'$  துருவ அச்சம்;  $qr$  நடுவரை;  $M_1$ ,  $M_2$  அளபவை மீடு தீர்க்க கோள்கள்;  $G$  என்பது கிரேவிச் வழியாக வரைபடப்பட்டிருக்கும் பூச்சிய (0°) தீர்க்க கோள்கள்.

$$\angle GpM_1 = L_1 \text{ எனவும்,}$$

$$\angle GpM_2 = L_2 \text{ எனவும்,}$$

$$\angle M_2pM_1 = L_1 - L_2 = L_2^* \text{ எனவும் சொல்ல.}$$

$M_2$ -ன் மேதுள்ள கிடங்கு வாயும் ஒரே திசை ரேகையின் மேதுள்ளன; அம்மிடங்களின் தொட்டங்கு  $L_1$ ; அம்மையே  $M_2$ -ன் மேதுள்ள கிடங்கு வாயும் ஒரே திசை ரேகையின் மேதுள்ளன. அம்மிடங்களின் தொட்டங்கு  $L_2$ ;  $L_1$  என்பது, அம்மினு தொட்டங்கு கனுக்கும் உண் வேறுபாடு.

மண்ணுலகம் மேற்கிலிருந்து கிழக்காக,  $24^{\circ}W$  மையக் கோண்டு தினத்தோறும் ஒரு முழுச் சுற்றச் சுற்றி வரும்போது, ஏதாவொரு நினைத்த விண்மொருள்  $M_2$  திசை ரேகையின்மேல் உண் கிடங்குகில் முதலில் உச்சி கடக்கும். (உச்சி கடத்தல் வானக் கோளத்தின் மேல் காணப்படும் நோற்றமென்பதை மறந்துவிடக் கூடாது.) எனவே, அந் நினைத்த விண்மொருள் முதலில் கிரேஸித் திசை ரேகைக்கு மிகவும் கிழக்குவருள்ள திசை ரேகையான  $M_2$ -ல் உச்சி கடக்கும் நோற்றம் தெரித்த பின் சுற்று நேரம் கழித்துத்தான்  $M_2$ -ல் உச்சி கடக்கும் நோற்றம் தெரியும்; அதன் பின்புதான்  $G$ -ல் உச்சி கடக்கும் நோற்றம் தெரியும்.

$M_2$ -ன் மேதுள்ள கிடங்குக்கு, 7 உச்சி கடக்கும்போது மீள்வழி நேரம் 0 ம. 0 நி. 0 வி. யாகும். 7<sup>th</sup> மொட்டி எத்த ஒரு திசைரேகையும் 24 மீள்வழி மணிகளில்  $360^{\circ}$  சுழன்று வருகிறது. எனவே,  $M_2$ -ன் மேதுள்ள கிடங்குக்கு 7 உச்சி கடக்கும் நேரம்  $\frac{L_2}{15}$  மணி நேரம் பீத்திப் போகும். அதாவது,  $M_2$ -ல் மீள்வழி நேரம் 0 ம. 0 நி. 0 வி. ஆக இருக்கும்போது  $M_2$ -ல் மீள்வழி நேரம்  $\frac{L_2}{15}$  மணியாக இருக்கும். இம் மாற்றம், ஞன் விளக்கப்பட்டபடியே, நோற்றக் கதிரவன் காலத்திற்கும் பொருத்தும்; சராசரிக் கதிரவன் காலத்திற்கும் பொருத்தும்.

எடுத்துக்காட்டாக, கிரேஸிசில் மீள்வழி நேரம் 0 ம. 0 நி. 0 வி. ஆக இருக்கும்போது  $82.5^{\circ}$  கி. தொட்டங்கிலுள்ள ஓரிடத்தில் மீள்வழி நேரம் 5 ம. 39 நி. கிரேஸிசில் தன்விரவு பக்கவிரண்டு மணியாக (சராசரிக் கதிரவன் நேரம்) இருக்கும்போது ஞன் கூறிய கிடத்தில் நேரம் காண 5 ம. 39 நி. (ச. க. நேரம்). இது நோற்றக் கதிரவனுக்கும் பொருத்தும். கிரேஸிசில் நோற்றக் கதிரவனின் மேற்கு நேரக் கோணம்  $h^{\circ}$  ஆக இருக்கும்போது, ஞன் கூறிய கிடத்தில், நோற்றக் கதிரவனின் நேரக் கோணம்  $h^{\circ} + 82.5^{\circ}$  ஆக இருக்கும்.

பொதுவாக, ஓரிடத்தில் கிழக்குமேற்கு தொட்டங்கு  $l^{\circ}$  எனக் கொள்க. அம்மிடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் ச.க. நேரம்/மீ.க. நேரம் தெரியுமானால், அந் தருணத்திற்குரிய மீ.க. நேரம்/ச.க. நேரம் கணிக்கலாம்.



மூலக் கூறியபடி,

கிரீனிக் ச. க. நேரம்

$$= \text{அவ்விடத்தின் ச. க. நேரம்} \pm \frac{1}{15} \text{ ச. க. மணிகள் (A)}$$

கிரீனிக் மீ. வ. நேரம்

$$= \text{அவ்விடத்தின் மீ. வ. நேரம்} \pm \frac{1}{15} \text{ மீ. வ. நேரம் (B)}$$

! கிழக்காவின் குறைக் குறியும் (-)

! மேற்காவின் கூட்டுக் குறியும் (+)

கொண்டிருக்கும். எதிர் மாறாக,

அவ்விடத்தின் ச. க. நேரம்

$$= \text{கிரீனிக் ச. க. நேரம்} \pm \frac{1}{15} \text{ ச. க. மணிகள் (C)}$$

அவ்விடத்தின் மீ. வ. நேரம்

$$= \text{கிரீனிக் மீ. வ. நேரம்} \pm \frac{1}{15} \text{ மீ. வ. மணிகள் (D)}$$

! கிழக்காவின் கூட்டுக் குறியும் (+)

! மேற்காவின் குறைக் குறியும் (-)

கொண்டிருக்கும்.

கொடுக்கப்பட்ட தருணம் கி. மீ. வ. நேரமாவின், (B) வாய்பாடு கொண்டு அந் தருணத்திற்குரிய கி. மீ. வ. நேரம் கணிக்கலாம்; அதிலிருந்து பகுதி 12C-க் மாற்றம் பெற்றபடி அந் தருணத்திற்குரிய கி. ச. க. நேரம் கணிக்கலாம்; அதிலிருந்து (A) வாய்பாடு கொண்டு அவ்விடத்தின் அந் நேரத்திற்குரிய ச. க. நேரம் கணிக்கலாம்.

கிள்காதே ம ச. க. வ. நேரமாவின் (A) வாய்பாடு கொண்டு கி. ச. க. நேரம் கண்டு, கிள்காத் பகுதி 12C-க் மாற்றம் பெற்றபடி கி. மீ. வ. நேரம் கண்டு, அதிலிருந்து (B) வாய்பாடு கொண்டு அவ்விடத்தின் அந் நேரத்திற்குரிய மீ. வ. நேரம் கணிக்கலாம்.

## 18-2. மண்டல நேரமும் (Zone time)

### நாட்டு நியம நேரமும் (Standard time)

ஒரேஇடத்தின் நேரங்களுப்படி, அவ்விடத்தின் ஈர்ப்பொழுது (Local Time) கணித்து அது அவ்விடத்துக்கு மட்டும் தடைமுறைபடுகிறதுமாவின் சில குழப்பங்களும் மீதப்பொருள்களும் ஏற்படும். எடுத்துக்காட்டாக, கி. ச. க. நேரம் தண்பகை 12 மணிமேளக் கொஞ்ச

அதற்கு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் 10° கி. நெ.-தூக்க ஊர்ப்பொருது 12-40 நிமிஷம் 11° கி. நெ.-தூக்க ஊர்ப்பொருது 12-44 நிமிஷம்; 9° கி. நெ. தூக்க ஊர்ப்பொருது 12-36 நிமிஷம். இந்த மூன்று நெட்டாங்கிலுக்க ஊர்களும் ஒரே நாட்டில் (country) இருக்கலாம். எனவே, ஒரே நாட்டில் ஊருக்கு ஊர் நேர வேறுபாடுகள் ஏற்படும்.

இந்தியாவில் பம்பாய், டில்லி, கொச்சி, கங்கோத்ர என்ற நான்கு நகரங்களும் வெவ்வேறு நெட்டாங்கிலுக்கில் உள்ளன. எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்திற்கு, நெட்டாங்குற்படி, இந்த நான்கு நகரங்களிலும் நேரம் வெவ்வேறாக இருக்க வேண்டியிருக்கும். இவ் விடர்ப்பாடு தயாரிக்கப்பட வேண்டியது மிகவும் அவசியமாகிறது.

எனவே, கிரீனிச் தீர்க்க ரேகைக்கு மேற்குப் புறம் 7°5' தீர்க்க ரேகைமுதல் கிழக்குப் புறம் தீர்க்க ரேகை 7°5' வரை ஒரு மண்டலமாகக் கொண்டு, அம்மண்டலம் முழுவதிலும் கி. ச. க. நேரமே அமர் நேரம் அகலது மண்டல நேரமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இது பூச்சிய மண்டலம் எனக் கூறப்படும். அம்மேறே 7°5' கி. முதல் 22°5' கி. வரை உள்ள மண்டலத்திற்கு கி. ச. க. நேரத்தையிட ஒரு மணி அதிகமான நேரம், அம்மண்டல நேரமாகக் கொள்ளப்படுகிறது. இது மண்டலம் -1 எனப் பெயரிடப்படுகிறது. இம்மேறே அடுத்தடுத்து 15° கிடை வெளியில் மண்டலங்கள் -2, -3, -4.....எனப்பெயரிடப்பட்டு, அங்கு நிலவும் நேரங்கள் முறையே கிரீனிச் ச. க. நேரத்தையிட 2, 3, 4..... மணிகள் அதிகமாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு வழக்கிலுக்கன.

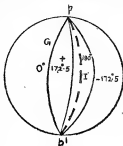
இம்மேறே கிரீனிச்சிற்கு மேற்கிலும் 15° தீர்க்கரேகை கிடைவெளியில் 1, 2, 3.....என மண்டலங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு, அங்கு நிலவும் நேரங்கள் கிரீனிச் ச. க. நேரத்தையிட 1, 2, 3.....மணிகள் குறைவாக ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு வழக்கிலுக்கன. இந்த முறைப்படி வழக்கிலிருக்கும் நேரம் மண்டல முறை நேரம் எனப்படும். ஒரு மண்டலத்திற்கு வழக்கிலுக்க நேரம் அம்மண்டல கமய தீர்க்க ரேகைக்குரிய நேரமாகும். ஒரு மண்டலத்திலிருந்து அதற்கடுத்துக் கிழக்கிலிருக்கும் மண்டலத்திற்குச் செல்லும்போது திடீரென்று ஒரு மணி நேரம் அதிகப்படும். ஆகவே, சில நாடுகளின் தன்மை குறித்து, ஒரு நாட்டில் பெரும்பகுதி ஒரு மண்டலத்திலும், மற்றொரு சிறு பகுதி மற்றொரு மண்டலத்திலும் இருக்குமாயின், பெரும்பகுதி மண்டலத்திற்குரிய மண்டல நேரமே நாடு முழுவதற்கும் ஏற்றுக்கொள்ளப்படும். இன்னும் சில பெரிய நாடுகளில் 'தீர்க்கரேகை அகலம்' பெரிதாக விடுக்கலாம். எடுத்துக் காட்டாக, இந்தியா ஏறக்குறைய 68°E-க்கும் 96°E-க்கும் கிடைப்பட்டு இருக்கிறது; அதாவது, பெரும்பகுதி 67°-5'E முதல் 82°-5'E கிடைபுறமும், மற்றப் பகுதி 82°-5'E முதல் 96°E கிடைபுறமும் உள்ளது. இந்திய நாட்டு நேரம் I.S.T. (இந்திய நிலம் நேரம் எனவும் கூறப்படும்)

82°5'E-க்கு உரிய மண்டல நேரமாகும்; அதாவது, கிரீனிக் நேரத்திற்கு  $\frac{82^{\circ}5}{15}$  மணிவர் (= 5 ம. 30 நி.) அதிகமாக இருக்கும்.

சில நாடுகளில், வேனிற் காலத்தில் நாட்டு நேரம் 1 மணி மூன்று நிமிஷம் அதிகமாகும்; வேனிற் கால நேரம் (Summer Time) என்று கீதற்குப் பெயர்; மத்திய பருவங்களில் கீதற் மூலம் வழக்கிலிராது. மத்திய கிரேட்டிய நாடுகளான ஜெர்மனி, கீத்தாலி முதலிய நாடுகளில் கி. நேரத்திற்கு அதிகமாக 1 மணி நேரம், மத்திய கிரேட்டிய நேரமாகும்.

### 18-3. உலகத் தேதி வரை அகுவது தேதி மாறு வரை (The International date line or Terrestrial date line)

மூன்று வகுக்கப்பட்ட நேர மண்டலங்களில் 12-ஆவது மண்டலம் ( $\pm 11$  எண்ணுடைய மண்டலம்), அதாவது 172°5 மேற்கு முதல் 172°5 கிழக்கு வரை உட்கா மண்டலத்தை எடுத்துக்கொண்டேனே. படம் 18-3-ல் கீதற் மண்டலம் +172°5 முதல் -172°5 வரை காட்டப்பட்டிருக்கிறது. கீதற் கமலம் பெருவட்டம்  $p|p'$  என்பது  $p|p'$  என்ற கிரீனிக் தீக்கோகையில் மறுபதி அரை வட்டமொன்றாய்க்கலாம்.  $p|p'$  என்ற தீக்கோகைக்குரிய நெட்டாங்கின இரு முகங்களில் குறிப்பிடலாம்.



G-க்குத் து கிழக்கே  
சென்றால் அதன் நெட்டாங்கு  
180°E;

G-க்குத் து மேற்கே சென்றால் அதன் நெட்டாங்கு 180°W;

எனினும், கீதற் நெட்டாங்கு அளவுகளும்  $p|p'$  என்ற ஒரே தீக்கோகைக்குரியனவாம் என்பதைக் கவனத்தில் கவகவேண்டும்.

மித்த தீர்க்கரேகைக்கு உலகத் தேதியைத் தரவந்த தேதி மாறுவதை எனப் பொது.

மிக் கோடு, தடைமுறையில் சரியாக 180° வழியாகச் செல்வதாக சித்தி தருகின்ற, பகிர்வுப் பெருக்கல்களில் ஏறக்குறைய எந்த துரப்பகுதியையும் வெட்டாமல் செல்கிறது. [கொரியா (Siberia) பரம்பரைச் சிறுக்கு முன்புப் பகுதியில் சித்தி வெட்டிக்கொண்டு, சில அலூஷியன் தீவுகளையும் (Aleutian Islands) வெட்டிச் செல்கிறது.] கிரீனிலாந்திலிருந்து புறப்பட்டுச் செல்லு தோக்கி மிக் கோட்டின் அகலமும்போது, அங்கு ஊர்ப்பொழுது கிரீனிச் நேரத்தைவிட ஏறக்குறைய 12 மணி அதிகமாக இருக்கும் (172°E கி. முநர் 180°E வரை). மாறாக, மேற்கு தோக்கி மிக் கோட்டினாயகலமும் போது, அங்கு ஊர்ப்பொழுது கிரீனிச் நேரத்தைவிட ஏறக்குறைய 12 மணி குறைவாக இருக்கும் (172°5W முநர் 180°W வரை).

கிப்போது கிரீனிலாந்தின் தக்கிரவு எனில், அத்தருணம் 172°5E முநர் 180°E உள்ள-பகுதியில் அடுத்த நாள் தண்பகலாகிவிடுக்கும்; அதே தருணம் 172°5W முநர் 180°W உள்ள பகுதியில் முக்துத் தண்பகலாகிவிடுக்கும். எடுத்துக்காட்டாக, உலகம் சுற்றும் ஒருவர் மார்ச்சு முதல் தேதியன்று கிரீனிச் கிட்டுப் புறப்பட்டு, சிறுக்கு தோக்கிப் பயணம் செய்துகொண்டே போய் அந்த உலகத் தேதி வரையை மார்ச்சு 14-ஆம் தேதி ஏறக்குறைய தண்பகலில் கடப்பதாகக் கொள்வோம்; கடந்தவுடனேயே, அவன் இருக்கும் மிடத்தின் ஊர்ப்பொழுது 13-ஆம் தேதி ஏறக்குறைய தண்பகல் நேரமாகும். (அதே சமயம் கிரீனிலாந்தில் 13-ஆம் தேதி தக்கிரவு முடிந்து 14-ஆம் தேதி ஆரம்பிக்கும் தருணமாகிவிடுக்கும்.) மாறாக அவன் மேற்கு தோக்கிப் பயணம் செய்து கொண்டே போய் அந்த உலகத் தேதி வரையை மார்ச்சு 14-ஆம் தேதி தண்பகலில் கடப்பதாகக் கொள்வோம். கடந்தவுடனேயே அவன் இருக்கும் மிடத்தின் ஊர்ப்பொழுது 15-ஆம் தேதி தண்பகல் நேரமாகும். (அதே சமயம் கிரீனிலாந்தில் 14-ஆம் தேதி தக்கிரவு முடிந்து 15-ஆம் தேதி ஆரம்பிக்கும் தருணமாகிவிடுக்கும்.)

கிவ்வாறாக, சிறுக்கு தோக்கிப் பயணம் செய்கும் ஒருவர் அம் வகைத் தேதி வரையைக் கடக்கும்போது ஒரு தேதி குறைகிறது; அவனே மேற்கு தோக்கிப் பயணம் செய்வானாயின், அங்குமாத் தேதி வரையைக் கடக்கும்போது ஒரு தேதி அதிகமாகிறது. எனவே, 180° தீர்க்க ரேகைக்கு தேதி மாறுவதைப்பெனவும் பொய்யிடப்பட்டிருக்கிறது.

13-4. முன்னர், பகுதி 9-ல் எப்படிச் செயல்முறையில் ஒரீடத்தின் அகலக்கிணைக் கணிக்கவும் சில முறைகளைப் பார்த்தோம். கிப்போது செயல்முறையில் ஒரீடத்தின் நெட்டசக்கிணைக் கணிக்கும் முறைகள்

சிலவற்றைப் பார்ப்போம். கிதற்கு முதற்படியாக, ஒரிடத்தில் உச்சி வட்டத்தைச் செவ்வூதையில் கிடங்குநிற்கும் முறைமைப் பார்ப்போம்.

13-4-1. ஒரிடத்தில் உச்சி வட்டத்தை நிலைநாட்டல்: கிடைதளத்தில்  $O$  என்ற புள்ளியை மையக் கொண்டு ஒரு வட்டம் வரைக.  $OA$  என்ற ஒரு ரூச்சியை  $O$ -யில் செங்குத்தாக நினைக்கச் செய்க. ஒரு நாட் பொழுதில் எப்போதாவது அக்ரூச்சியின் நிறம் மூளை கிரு முறை வட்ட வளைவைத் தொடும்; ஒன்று, அதிரவர் வளைத்தில் ஏறும்போதும், மற்றொன்று வளைத்தில் கிதங்கும்போதும். அவ்விரு தருணங்களிலும் அந் நிறத் கோடுகளைத் தளத்தின்மேல் வரைக. அக் கோடுகள்  $OB$ ,  $OC$  என விருக்கட்டும். நிறம் நீளங்கள் சமமாயிருக்கும் கிரு தருணங்களிலும் அதிரவர் ஏற்றத் கோணங்கள் சமமாக இருக்கும். அடிமான தூரங்களும் சமமாயிருக்கும்.  $AOB$ ,  $AOC$  என்ற கிரு தளங்களும், அத்தந்த தருணங்களில் அதிரவர் வழியாக, அவ்விடத்திற்குச் செங்குத்தாக உள்ள தளங்களாகும். அவ்விரு தளங்களும் உச்சி வட்டத்திற்குச் சம சாய்வு பெற்றிருக்கும்.  $BOC$  என்ற கோணத்தை கிரு சமயீரீவுகளைக் கொட்டும் கோடு, வடக்கு—தெற்குக் கோடாகும் ( $S.N$ ).  $ANB$ , என்ற ரூத்தந்த தளம் அவ்விடத்தின் உச்சி வட்டத் தளமாகும் என்பது தெளிவு.

13-4-2. அடுத்தபடியாக, ஒரிடத்தில் நிலவும் ஊர்ப்பொழுதைக் (Local) கணிப்பது எப்படி என்பதைப் பார்ப்போம். ஊர்ப்பொழுதெனின் அம்மூலக்கூறிய ச. க. மணி நேரம். கிது நாட்டு நேரம் என்று அமெரிக்க கிருக்கும் நேரத்திற்குச் சமமாயிருக்க வேண்டுமென்ற நேரையிலும்.\*

ஊர்ப்பொழுது காணல்—முதல் முறை: ஒரு நிலையான வானு நாட்சி நிலையத்தில், உச்சி வட்டத் தளம் திட்டமாக நிலைநிறுத்தப்படவுக்கும். ஒரு தெரிந்த வீண்மீன் ( $\alpha, \delta$ ) அங்கு உச்சி வட்டம் வீண் வழி நேரத்தை நுட்பமாகக் காண்கக் வேண்டும். (வானுநாட்சிக் கருவிகன் என்ற பகுதியில் கிது எப்படிச் செய்யப்படுகின்றதென்பதை அதிச.) உச்சி வட்டம் காண் கருவி, வீண்வழிக் கடினாரம் கிராண்டையும் கொண்டு கிப்பதியு செய்யப்படுகிறது. கருவிக்குரிய பிளவுகளைத் தக்கிப் பெறப்பட்ட வீண்வழிப் பதியு நேரம் அவ் வீண்மீனின் வல

\* எடுத்துக்காட்டாக, கித்திய முழுவுதல்  $L. S. T.$  என்னப்படும் கித்திய நிலை நேரம் அமலிதுள்ளது. ஆனால், நெட்டாங்குப்படி,  $70^{\circ}E$  உள்ள ஒரிடத்தில் ஊர்ப்பொழுது, கி. ச. க. நேரத்தைவிட  $70 \times 4$  நி. அதிலாவையும்,  $72^{\circ}E$  உள்ள ஓர் கிடத்தில் ஊர்ப்பொழுது கி. ச. க. நேரத்தைவிட  $72 \times 4$  நி. அதிலாவையும் கிருக்கும். ஆனால், கிப்பியன்மடல்களிலும் அமல் நேரம் கி. ச. க. நேரத்தைவிட  $5$  ம.  $30$  நி. ( $330$  நி.) அதிலாவத்தான் ஏற்றுக்கொள்ளப்பட்டு வழங்கிதுள்ளது.

ஏற்றத்திற்குச் சமமொள நாம் அறிவேம் ( $t = 2.5h$ ). எனவே, ஷகாரப் தொழையைத் திருத்திக்கொண்டு, மீள்வழி அளவில் அந்தத் தருணம் உடன் மீள்வழி நேரம் காணலாம். பகுதி 12 பிரிய C-ல் விளக்கப்பட்டுள்ள மூலக்கருவியை மீள்வழி நேரம் கொண்டு, ஷர்ப்பொழுதைக் கணிக்க முடியும். ஆனால், கிம்மூலை கப்பலில் செல்லும் மாலுமிக் குட பொருத்தமாகாது; ஏனெனில், அவனுடைய உச்சி வட்டம் அவனோடு பயணம் செய்துகொண்டே வீழக்கூடாது.

13-4-3. இரண்டாவது முறை: ஒரு தெரிந்த கிம்மீலுக்குப் பதிலாக, கதிரவனது கீழ், மேல் வரம்புகள் உச்சி கடக்கும் நேரங்களைச் சாதாரண ஷகாரம் கொண்டு பதிவு செய்து, அவ்விருண்டுகள் சராசரியை எடுத்தால், அவ்விடத்தில் கதிரவனின் கமயம் உச்சி கடக்கும் நேரம் தெரியவரும். இது அல்லர் ஷகாரப்படி பெறப்பட்ட நேரம். இதே மாதிரி மற்றொரு ஊட்சியானல் அதே சமயத்தில் அதே கிடத்தில் கிரானு மீட்டர் உதவியுடன் கதிரவன் கமயம் உச்சி கடக்கும் கிரேஸ் நேரத்தைக் கணிக்கவேண்டும். மாலுமிப் பஞ்சாங்கத்தின் உதவியுடன் அக்கரைக்குரிய குறிப்புகள் சிலவற்றை எடுக்கவேண்டும்.

(1) அன்று கி.ச.க. நன்னிரவுக்குரிய காலக் குறை-நிகரச் சமன்பாடு.

(2) அச் சமன்பாடு அன்று மணிக்கு மணி (hourly) மாலுமி விதிதம்.

கிணை கொண்டு, அன்று ஊட்சிப் பதிவு செய்த நேரத்திற்குரிய காலக் குறை நிகரச் சமன்பாடு கணிக்க வேண்டும். அன்று கதிரவன் உச்சி கடக்கும்போது ஊட்சிப் பதிவு நடத்தப்படலாம், அத்தருணம் நேரநடக் கதிரவன் வழி நேரம் நண்பகை 12 மணி.

கிப்போது உச்சி கடந்த நேரத்திற்குரிய ச. க. வழிப்படி ஷர்ப்பொழுது  $T=12$  மணி-சற்று மூன்று கணிக்கப்பட்ட அத்தருணத்திற்குரிய காலக் குறை நிகரச் சமன்பாடு எண்ப் பெறப்படும்.  $T$  என்பது, அந்த ஊட்சி நேரநடக் கதிரவன் உச்சி கடக்கும் தருணத்திற்கு, ச. க. வழிப்படியுள்ள ச. க. நேரமாகும். கிரேஸ் ஷகாரப்படி, அப்போது நேரம்  $T_1$  ஆனால்,  $T_1 = (12 \text{ மணி} - E)$  என்பது அவ்விடத்தின் சரியான நெட்டாகவாகும். கிம்மூலை மாலுமிக் குடப் பயன்படும். மீள்வழி எடுத்துக்காட்டுகள் கிம் மூலையை விளக்கும்.

எ. கா. (1): ஒரு கப்பலில் நேரநடக் கதிரவன் நண்பகையில் மீள்வழிப் பதிவுகள் செய்யப்பட்டன.

கி. ச. க. நேரம் 14 ம. 30 நி. 25 வி. மாலுமிப் பஞ்சாங்கப்படி, அன்று கி. நண்பகையில்  $E = -7$  நி. 38.6 வி.; மணிக்கு மணி  $E$ -ன்

மண்ணுடை தொட்டாக்கு

வேறுபாடு = -54 வி. அக் கப்பலிருக்கும்பீடத்தின் ஊர்ப்பொழுதையும் அம்மீடத்தின் தொட்டாக்கினையும் கணிக்க.

தேர்தற்கு அதிரவன் தேரம் = 12 மணி

கி. ச. க. நகர்பகலில் E = -7 நி. 38-6 வி.

மணிக்கு மணி மாற்றம் = -54 வி.

எனவே, கி. ச. க. நேரமாகிய 14 ம. 30 நி. 26 வி., அதாவது நகர்பகல் வழித்து 2 ம. 30 நி. 26 வினாவுக்குரிய

E = -7 நி. 38-6 வி.

=  $2.5 \times 0.54$  வி.

= -7 நி. 40 வி.

∴ கப்பலிருக்கும் பீடத்தின் ஊர்ப்பொழுது (ச. க.)

= 12+7 நி. 40 வி.

= 12 ம. 7 நி. 40 வி.

கி. ச. க. தேரம் = 14 ம. 30 நி. 26 வி.

∴ நேர வேறுபாடு = கப்பலிருக்கும் பீடத்தின் தொட்டாக்கு

= 14 ம. 30 நி. 26 வி. - 12 ம. 7 நி. 40 வி.

= 2 ம. 22 நி. 46 வி. மேற்கு.

= 88° 69 மேற்கு (தோராயமாக)

எ. கா. (3): ஏப்ரல் 6-ஆம் நாள் ஒரு கப்பலில் உடன் கிரானு கீட்டர் 10 ம. 6 நி. 4 வி. தேரம் காட்டியபோது, அதிரவன் ஏற்றக் கோணம் பதிவு செய்யப்பட்டது; மறுபடியும் அதிரவன் ஏற்றக்கோணம் அதேவே கிடுத்தபோது கிரானுகீட்டர் காட்டிய காலம் பிற்பகல் 4 ம. 3 நி. 12 வி. அன்று E-ன் மதிப்பு 2 நி. 20 வி. கப்பலின் தொட்டாக்கை (ஏப்ரல் மூதக் தேதி கிரானுகீட்டர் சரியான காலம் காட்டியது. அன்று மூதக் அது தினசரி 5 வி. வேகமாகப் போகிறது.)

கிரானு கீட்டர் வேகத்தை மூதவில் தீர்க்கவேண்டும். 5 நாளில் கிரானு கீட்டர் வேகமாகச் சென்றான தேரம் =  $5 \times 5 = 25$  வி. எனவே, மூதப் பதிவுக்குரிய சரியான தேரம்

= 10 ம. 6 நி. 4 வி. - 25 வி.

= 10 ம. 5 நி. 39 வி. மூற்பகல்.

கிரண்டாம் பதிவுக்குரிய சரியான தேரம் = 4 ம. 3 நி. 12 வி. - 25 வி. (இக்கு 6 மணி நேரத்திற்குரிய குறைபாடு கணக்கில் எடுக்கப்படவில்லை)

= 4 ம. 2 நி. 47 வி. பிற்பகல்.

எனவே, அப்பலுகை கிடத்தில் கி. ச. க. படிபாச உச்சி கடக்கும் நேரம்

$$= \frac{10 \text{ ம. } 5 \text{ நி. } 39 \text{ வி.} + 16 \text{ ம. } 2 \text{ நி. } 47 \text{ வி.}}{2}$$

$$= \frac{26 \text{ ம. } 8 \text{ நி. } 26 \text{ வி.}}{2}$$

$$= 13 \text{ ம. } 4 \text{ நி. } 13 \text{ வி. (கி. ச. க.)}$$

அப்பலிடத்தில் ஊர்ப்போக்கு (ச. க. படி)

$$= 12 \text{ மணி} - 2 \text{ நி. } 20 \text{ வி.}$$

$$= 11 \text{ ம. } 57 \text{ நி. } 40 \text{ வி.}$$

$$\therefore \text{ நேர வேறுபாடு} = 13 \text{ ம. } 4 \text{ நி. } 13 \text{ வி.} - 11 \text{ ம. } 57 \text{ நி. } 40 \text{ வி.}$$

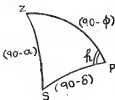
$$= 1 \text{ ம. } 6 \text{ நி. } 33 \text{ வி.}$$

$$\therefore \text{ அப்பலிக்கும் கிடத்தின் நெட்டாக்வு}$$

$$= 1 \text{ ம. } 6 \text{ நி. } 33 \text{ வி. (மேற்கு)}$$

$$= 16^\circ 38' 24'' \text{ (மேற்கு)}$$

13-4-4. மூன்றுவது முறை: ஒரு தெரிந்த விண்மீனின் ( $\alpha, \delta$ ) ஏற்றக்கோணம் அளந்து, அத்தருணத்திற்குரிய மீ. வ. நேரம் காண்க. திட்டத்தின் அகலங்கு  $\phi$  கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது.



படம் 13-4-4

ஏற்றக்கோணம்  $\alpha$  என அளக்கும்போது (செக்கெண்ட்—கோண மானி கொண்டு) மீனவழி நேரம் காண்போம். அப்போது கிரேசு மீட்டர்படி கி. ச. க. நேரம்  $T$  எனக் கொள்வோம்.

படம் 13-4-4-ல்  $S$  என்பது விண்மீன்.

$ZSP$  என்ற கோண முக்கோணத்தில்

$$\cos ZS = \cos ZP \cos PS + \sin ZP \sin PS \cos ZPS.$$

$\therefore \sin \alpha = \sin \phi \sin \delta + \cos \phi \cos \delta \cos h$  என்ற தொடர்பு கிடைக்கும். இங்கு  $\alpha, \delta, \phi$  மூன்றும் தெரியுமாதலால்,  $h$ -ஐக் கணித்து,  $h = \pm h$  என்ற வாய்பாட்டிலிருந்து  $h$ -ஐக் கணித்தால், அச்சமயம், அங்கு மீ. வ. நேரம் பெறப்படும். மீனவழி நேரத்திலிருந்து, மூன்று வினாக்கப்பட்ட முறைகளில் அந்த நேரத்திற்குரிய ச. க. நேரம் கணிக்க



மண்ணுமை நெட்டாக்கு

காம். அச்சமயம் கிரானுமிட்டர் ஊட்டும் நேரம்  $T$  என நாம் பதியு  
செய்திருப்பதால்,

$T$ -க்கும் அம்மிடத்திற்று, அச்சமயத்திற்குரிய ச. க. நேரத்திற்கும்  
உள்ள வேறுபாடு அம்மிடத்தின் நெட்டாங்கிலைத் தரும். கிம்முறை  
மாலுமிக்குப் பயன்படும்.

13-4-6. நான்காவது முறை: ஒரே நடுணத்தில் இரு நெரிந்த  
விண்மீன்களின் ஒற்றைக் கோணங்களை அளந்து, அம்மிடத்தின்  
அலைநகர்து, நெட்டாக்கு கிரான்கடையும் கணம் :

கிம்முறைப்படி ஒரிடத்தின் அலைநகர்து என்னும் முறை முன்னர்  
பகுதி 9-ல் விளக்கப்பட்டிருக்கிறது. அங்குக் கண்ட முறையைத்  
தொடர்ந்து (படம் 9-3-1-4)  $\angle ZPZ_1$ -ன் அளவைக் கணிக்க சிவதும்.  
அந்த அளவானது  $Z_1$  என்ற விண்மீனின் நேரக் கோணம். கிதன்  
மதிப்பு  $k_1$  எனத் தெரியுமானால்,  $k_1 = a_1 \pm k_1$  என்ற வாய்பாட்டின்படி  
 $k_2$  கிடைக்கும்—அதாவது அத்தருணம் உள்ள மீ. வ. நேரம் கிடைக்கும்.  
எனவே, அத்தருணம் ச. க. நேரம் கணிக்கலாம். அத்தருணம் கிரானு  
மிட்டப்படி சி. ச. க. நேரம்  $T$  ஆகும், அம்மிடத்தின் நெட்டாக்கு  
பெறப்படும்.

13-4-6. நேருவியா சமீக்கை மூலம் நெட்டாங்குறிதல் : கிப்  
போது நேருவியா சமீக்கைக் உதவியோண்டு மண்ணுமைக் முக்கிய  
மான பகுதிகளில் உள்வாங்கச் சரியான கிரேஸித் நேரத்தை அறிந்து  
கொள்ள முடியும். அம்மிடத்தின் அலைநகர்து உதவிக்கிடுக்கும் கிரானு  
மிட்டநாத் திருத்திக்கொள்ள முடியும். ஊர்ப்பொழுதை முன் கூறிய  
ததாவது ஒரு முறையில் கண்டுபிடித்து விட்டால், அம்மிடத்தின் நெட்  
டாக்கு கணித்துவிடலாம். முதலாவதாக, காட்சியாளன் செயல்படும்  
பதிவுகள் யாவும் பிழைகளேதெரியுமின்றித் திருத்தப்பட வேண்டும்;  
கிரான்காவதாக, கிரானு மிட்டர் சரியான கிரேஸித் நேரம் ஊட்டும் வகை  
யில் அகம்படுபோது சரியாகத் திருத்தி வைக்கப்பட வேண்டும். கிரானு  
மிட்டர் சீரான முறையில் வேலமாகவே அல்லது வேகக் குறை  
வாகவோ ஒருமையில், அம் வேக விசிறக்களைக் கணக்கிடுவோடுத்துக்  
கொண்டு, அவற்றிற்குரிய திருத்தங்களை செய்யப்பட வேண்டும்.

13-4-7 (1). இந்த முன்னெச்சரிக்கைகள் மிகவும் துட்பமான  
பதிய முடியுமென்புப் பெற கிவற்றியமைப்பானதாகும். மற்றும் இரு கிடங்  
களில் நெட்டாங்குளை ஒப்பிட்டுப் பார்க்க வேண்டுமாயின், கிரானு  
கிடங்களிலும் ஒரே நடுணத்தில் உள்ள ஊர்ப்பொழுதுகளைத் தந்தி  
மூலம் நெரித்து, நேர வேறுபாட்டைக் கொண்டு, நெட்டாங்கு வேறு  
பாடுகளை அறியலாம்.

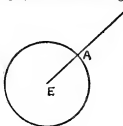
13-4-7 (2). அகையது ஒரீடத்திலிருந்து மத்தேரீடத்திற்கு கிரானு மீட்டர்சை எடுத்துச் சென்று, பின்னர் கிரண்டாம் மீடத்திலிருந்து மூதரீடத்திற்குச் சென்றுவந்து, மெட்டாங்கு வேறுபாடுகளை அறியலாம்.

13-4-8. ஐனாசு, கீம் மூதறகென்கெனம் வரலாற்று முக்கியத்துவம் படைத்தனவே பொழிய கின்று வழக்கிலிருந்து; கிடைவியக்கியம் பண்டைய மூதறகென்கென்கிடன. கீம் மூதறகென்படி செவ்வம் கெனிர்பு கெனில் பிழைகள் நேர பல வாய்ப்புகள் உண்டு.

நேரவே சமீககை மூதற வழக்கில் வந்த பீதரு, கினை வழக்கற்றப் போலின. ஐனாசு, வரலாற்று முக்கியத்துவம்வாய்ந்த ஒரு சிறந்த மூதறவான சம்சர் மூதறவை மட்டும் கீம்போது கிளக்கிவிட்டு, கீம்பகுதியை மூடித்துவிடுவோம்.

13-4-9. சம்சர் மூதற (Sumner's Method): கீத்த மூதறப் படி, தினை தம்பிர்போன கப்பல் தானிருக்குமிடத்தை அறித்துகொள்ள முடியும். கீம் மூதறவை விவரமாகக் கூறுமுன் ஒரு சில செய்திகள் தாம் அறியவேண்டும்.

1. கதிரவன் நேர்க்கீழ்ப்புள்ளி (Sub-solar point): S என்பது கதிரவன் கையம். E என்பது மண்ணுக்க கையம்; SE எந்த



படம் 13-4-9

நேர்க்கோடு மண்ணுக்கைப் பார்ப்பை A-ல் வெட்டுகிறது. அந்தத் தருணத்தில், அதாவது கதிரவன் S-ல் இருக்கும் தருணத்தில், A என்பது கதிரவன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி எனப்படும் (படம் 13-4-9). ஒவ்வொரு தருணத்திற்கும் ஒவ்வொரு கதிரவன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி இருக்கும். [கிள்வாரே, ஒரு சூரிய மீட்ட தருணத்தில், ஒரு கதிரவன் நேர்க்கீழ்ப் புள்ளி (Sub-lunar point) இருக்கும்; ஒவ்வொரு விண் மீதுக்கும் ஒரு நேர்க்கீழ்ப் புள்ளியிருக்கும் (Sub-stellar point).]

2. மாறுமீடப் பஞ்சாங்கத்தில் பீகாவரும் சூழிப்புகள் கிடைக்கும்.

(a) தினந்தோறும், கிரேக்கிசிக் தம்பகந் தருணத்தின்போது, கதிரவன் தருணை கிளக்கக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும்.

(b) அம் விவகரம், மணிக்கு மணி மாதம் விதிதம் கொடுக்கப்பட்டு இருக்கும் (hourly variation).

(c) தினத்தோறும், காலக்குறை-நிகழ்ச்சி சமன்பாடான  $E$  கொடுக்கப்பட்டு இருக்கும்.

(d)  $E$ -ன் மணிக்கு மணி மாதம் விதிதம் கொடுக்கப்பட்டு இருக்கும். ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில், எங்கேயோ உண்ட ஒரு கப்பலின் கிராஃபீட்டர் காட்டும் கி. ச. க. மணி  $t$  எனக் கொள்வ. மாதாமிப் பஞ்சாங்கம் கொண்டு அந்தத் தருணத்திற்குரிய அதிரவனது நடுவரை விவகரம் கணிக்கலாம். அப்படி கணித்த நடுவரை விவகரம்  $t$  எனக் கொள்வ. மேலும் மாதாமிப் பஞ்சாங்கம் கொண்டு, அத்தருணத்திற்குரிய கிரேஸ் தோற்றக் அதிரவன் நேரம் கணிக்கலாம்.

$$\text{கி. நேர. க. நேரம்} = t + E$$

( $E$ -காலக் குறை-நிகழ்ச்சி சமன்பாடு) அச்சமையம் அதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியில் தோற்றக் அதிரவன் நேரம் 12 மணி; ஏனெனில், அங்குக் அதிரவன் அச்சமையம் தலை நேர் உச்சியிலிருக்கும். எனவே, அத்தருணத்தில், அதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியின் நெட்டாங்கு

$$= |12 - (t + E)| \text{ மணி.}$$

எனவே, அக் குறிப்பிட்ட சமயத்தில் அதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியின்,

$$\text{அகலாங்கு} = \delta; (\because \phi = x + \delta; x = 0)$$

$$\text{நெட்டாங்கு} = |12 - (t + E)| \text{ மணி.}$$

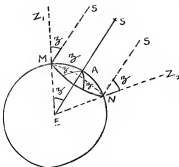
எனவே, அத் தருணத்திற்குரிய அதிரவன் நேர்கீழ்ப் புள்ளியை, மண்ணுலகின் மேல் இடங்குறித்து விடலாம்.

கிரேஸ்து கப்பலுக்குப் போவோம். கப்பல் மாதாமி, அத்தருணம் அவன் இருக்குமிடத்தில், அதிரவன் ஏற்றக் கோணத்தையும் தோடுவான தூரத்தையும், ஆகியன இவத் கொண்டு கணிக்கவேண்டும். அப்படி கணித்துப் பெறப்பட்ட அதிரவன் உச்சி தூரம்  $x$  எனக் கொள்வ.

பின்வரும் படம் 13-4-9-1 காண்க. கிரேஸ்து அதிரவன் நேர்கீழ்ப்புள்ளி ( $A$ ) கமைய்கொண்டு மண்ணுலகக் கோளத்தின்மேல்  $x$  ஆரம் கொண்ட ஒரு சிறு வட்டம் வரைவ. அம் வட்டம்  $MN$ .

$MN$  என்ற சில வட்டத்தின் மேலுள்ள எல்லா இடங்களிலும் அதிரவன் உச்சி தூரம்  $x$  ஆக விருக்குமென்பதைப் படத்தில் காட்டின.

எனவே, கப்பலிருக்குமிடம்  $MN$  என்ற சிறு வட்டத்தின்மேல்தான் எல்லாவது இருக்கும்.  $MN$  என்ற வட்டம் தலைவட்டம் (circle of position) எனப்படும்.



படம் 13-49-1

சிதிலு நேரம் வந்தது, இந்நேரம் யாதிரி மத்தொரு தரவட்டம் வகைத்தாகி, நிலையிரு தரவட்டங்களும் வெட்டிக்கொள்ளும் நேரம் இடங்களில் ஒரேயிடம் வரப்பெறுக்கும் இடம் எனவாரும். நிலையிரு வெட்டுமிடங்களும் பக்கவாரி கைக்கை நிலைவெளியில் இருக்குமாதலானும், மாலுமி தான் இருக்குமிடம் மண்ணுரைப் பகுதியில் உள்ள வென்று நேரநாயமாக அவனுக்குத் தெரியுமாறானும், அகவிரண்டு புள்ளிகளில் எது தானிருக்குமிடவென்று மாலுமி தெரிந்துகொள்கிறது.

நிலையிரண்டு பதிவுகள் செய்யும் நிலைநேரத்தின் கப்பல் கொஞ்ச தூரம் செல்லும்கூட, அதற்குரிய திருத்தங்களை செய்துகொள்ள முடியும்.

நடைமுறைகளில் இவ் வழிப்படி, கப்பல் மாலுமி தள்ளிடக் குறிக்கும் ஓரை பிள்வகுமாறு:

மண்ணுரைப் படம் கப்பலில் எப்பொழுதும் இருக்கும். கோளப் பரப்பின் மேலுள்ள வட்டங்கள் நேர்கோடுகளாக, அப் படத்தி லிருக்கும். ஓர் கூறப்பட்ட நேரம் தரவட்டங்களைக் குறிக்கும் வகையில், மாலுமி தனது மண்ணுரைப் படத்தின்மேல் இரு கோடுகள் வகைவிலகும். இக் கோடுகள் சக்கை கோடுகள் எனப்படும். இரு கைக்கப் பதிவுகள் ஒரே இடத்தில் செய்யப்பட்டாக, அகவிரண்டு கோடு களும் வெட்டுமிடம் வரப்பெறுகின்றனவாகும்.

மிகு காட்சிப் பதிவுகளும் ஒரு குறிப்பிட்ட கால கிடைவெளிக்குச் செய்யப்பட்டிருக்குமானால், அதாவது கப்பல் தனித்தனையாகவே இருக்குமானால், மூலக் கோட்டை, கப்பல் தனித்திருக்கக்கூடிய தூரத்திற்கு அதற்கு கிணையாகவே தனித்தி, கிரண்டாம் கோட்டை வெட்டிச் செய்தம் வேண்டும். அம்மெட்டுமிடம் கப்பலிடத்தைக் குறிக்கும்.

13-5. விண்மீன் நெர்க்கிழப் புள்ளி: இப் புள்ளி யாதென முன்னர் வரைபுத்தொகை. உதிரவன் நெர்க்கிழப் புள்ளியின் உதயக்கூடு பதிவாக, மிகு நெகித்த விண்மீன்களின் நெர்க்கிழப் புள்ளிகளின் உதயி வேண்டும், கப்பலிடத்தைக் குறிக்கலாம். மிகு விண்மீன்கள் ( $\alpha_1, \beta_1$ ), ( $\alpha_2, \beta_2$ ) எனக் கொள்க. அவற்றிற்குரிய நெர்க்கிழப்புள்ளிகள்  $S_1, S_2$  எனக் கொள்க. ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்திற், ஒருங்கே அளக்கப்பட்ட, அவற்றின் உச்சி தூரங்கள் முறையே  $x_1, x_2$  எனக் கொள்க. அச்சமையம் கிராணுமிட்டப்படி பதிவு செய்யப்பட்ட கி.ச.க. நேரம்  $t$  எனக் கொள்க.

மூலக் விண்மீனின் நெர்க்கிழப்புள்ளி  $S_1$  ஆகலாக,  $S_2$  என்ற கிடத்தில் அத்தருணத்திற் கிளவழி நேரம்  $\alpha_1$ ; அகலாதே  $S_2$  என்ற கிடத்தில் அத்தருணத்திற் கிளவழி நேரம்  $\alpha_2$ . அத்தருணம் கி.ச.க. நேரம்  $t$  எனப் பதிவு செய்யப்பட்டிருக்கிறது.  $t$ -க்குரிய கி. மீ. வழி நேரம்  $t_1$  எனக் கணித்துக்கொண்டால்  $|t_1 - \alpha_1|$  என்பது,  $S_1$  என்ற கிடத்தின் நெட்டாங்கு; அகலிடத்தின் அகலாங்கு  $t_1$ . அகலாதே  $S_2$  என்ற கிடத்தின் நெட்டாங்கு  $|t_1 - \alpha_2|$ ; அகலிடத்தின் அகலாங்கு  $S_2$ .

எனவே  $S_1, S_2$  என்ற கிடங்களை மண்ணுலகக் கோளத்தின்மேல் கிடக் குறித்துவிடலாம்.  $S_1$  அமையக்கொண்டு  $x_1$  ஆரங்கொண்டு, மண்ணுலகக் கோளப் பரப்பின் மேல் ஒரு சிறு வட்டம் வரைக.

$S_2$  அமையக்கொண்டு,  $x_2$  ஆரங்கொண்டு மண்ணுலகக் கோளப் பரப்பின்மேல் மற்றொரு சிறு வட்டம் வரைக. இவ்விரு வட்டங்களை வெட்டுமிடம் கிராண்டு. அவற்றிற் ஒன்று கப்பல் இருக்குமிடமாகும்.

### பயிற்சி 13

( $E$  என்பது காலக்குறை - நிறைச் சமன்பாடு எனக் கொள்க.)

1. ஓரிடத்தில் உதிரவன் உச்சி கடக்கும்போது, கி.ச.க. நேரம் 5 ம. 4 நி. 30 வி. கிடத்தின் நெட்டாங்கு காண்க. அன்று  $E$ -ன் மதிப்பு 16 நி. 12 வி.

(அ)

2. ஒரு விண்மீனைப் பத்திய காட்சிப் பதிவுகள் கொடுக்கப்பட்டு இருக்கின்றன. அவற்றைப் பயன்படுத்தி அம் விண்மீன் உச்சி கடக்கும் நேரத்தை கித்திய நிபம நேர அளவில் தருக.

டப்லின் (Dublin) என்ற ஊரில் நெட்டாக்கு  $6^{\circ} 20' 15''$  மே., ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனின் வல ஏற்றம் 8 ம. 54 நி. 34 வி. காட்சி நான் ஆரம்பமாகும் அளவாகத் தெரியவில் தன்மீரவில் கிரேக்கி விண்மீன் வழி நேரம் 23 ம. 53 நி. 6 வி. (அ)

3. சென்னையில் கிழக்கு நெட்டாக்கு 5 ம. 20 நி. 59 வி. ஒரு குறிப்பிட்ட நான் கி. ச. க. நன்மையுக்குரிய விண்மீன் வலம் 17 ம. 23 நி. 56 வி. அன்று சென்னையில் 4 ம. 29 நி. 10 வி. ஏற்றமுள்ள விண்மீன் டாசி கூடக்கும் நேரம் யாதென கி. நி. நேரத்தில் காண்க. (அ)

4. கி. ச. க. நேரம் 13 ம. 14 நி. 45 வி.; அப்போது தெரியவில் தடுவரை விக்கம்  $3^{\circ} 13'$  தே. அன்று E-ன் உதிப்பு  $+10$  நி. 19 வி. மன்னாபுரத்தில் தெரியவில் நேர கீழ் நிலை யாதெனக் காண்க. (செ)

5. ஐக்கிய 3-ஆம் தேதி ஒரு அப்பலில் கீழ்க்கண்ட அளவுப் பதிவுகள் செய்யப்படுகின்றன. கி. ச. க. நேரம் முதல்பகல் 19 ம. 58 நி. 32 வி.

தெரியவில் ஏற்றக் கோணம்  $0^{\circ}$

கி. ச. க. நேரம் பிற்பகல் 5 ம. 37 நி. 24 வி.

தெரியவில் ஏற்றக் கோணம்  $0^{\circ}$ .

ஐக்கிய 21-ஆம் நான் அக் கலாசாலை 1 நி. 12 வி. வேகக் குறைவு; தினமும் 3 வி. கிழக்கிறது. ஐக்கிய 3-ஆம் தேதி  $E = +3$  நி. 47 வி. அப்பலில் கிழக்கும் நெட்டாக்கு காண்க. (செ)

6. ஏப்ரல் 21-ஆம் தேதி கி. நி. நேரம் முதல்பகல் 8-30-க்கு, மன்னாபுரத்தில் மேல் தெரியவில் நேரத்திற் புக்களி எகிறுக்கும்!

7. ஒரு நான் கீழ்க்கண்டும் பதிவுகள் ஒரு அப்பலில் செய்யப்படுகின்றன.

கி. ச. க. நேரம் = 15 ம. 17 நி. 48 வி.

தே. க. ஏற்றக் கோணம்  $89^{\circ} 34'$ .

கிடைத்தல் அளவாக்கு  $23^{\circ} 3'$ .

தே. க. தடுவரை விக்கம்  $23^{\circ} 13'$ .

$E + 0$  நி. 12 வி.

அப்பலுக்கும் கிடைத்தல் அளவாக்கு  $49^{\circ} 4'$  மே. அல்லது  $49^{\circ} 56'$  மே. என நினைவு.

8. மேற்குப் பக்கமாகப் பறந்து செல்லும் ஒரு வானக் கப்பல், உலகத் தேதி வரைய வேக்கித் கிழமை நிலை நேரம் 9-30 மணிக்குத்

கடக்கப் போகிறது. 10 நி. கழித்து அது அக் கோட்டைக் கடத்தவுடன் என்ன நாள் என்ன மணிமெனக் காண்க.

9. கிழக்குப் பக்கமாகப் பறந்து செல்லும் ஒரு வானக் கப்பல் உலகத் தேதி வரையை ஐயும் 10-ஆம் நாள் புதன் கிழமை திபவ் தேரம் 7 மணிக்குக் கடக்கப் போகிறது. அக் கோட்டைக் கடத்து 90 நிமிடம் கன்குக்குப் பின்பு என்ன தேதி, என்ன நாள், என்ன மணிமெனக் காண்க.

10. கி. ச. க. கட்சி கடத்து  $T$  மணிக்கும் பின்பு ஒரு தெரித்த விண்மீன் ( $x, y$ ) கட்சி கடக்கிறது. அதன் ஏற்றக் கோணம்  $h^\circ$ . மாலுமிய் புறஞ்சாக்கப்படி அன்று கி. ச. க. நண்பகலில்  $s$ . கதிரவனின் வல ஏற்றம்  $t$  மணிகள். இக் கால்கிவிடத்தின் அகலங்கு  $(90^\circ + s - h^\circ)$  எனவும், மேற்கு நெட்டாங்கு  $15 \left[ (t-s) + T \left( \frac{366-25}{365-25} \right) \right]$  எனவும் திறவுக.

$$\text{விண்மீன் கட்சி கடக்கும் கி. மீ. வ. தேரம்} = t + T \left( \frac{366-25}{365-25} \right).$$

$$\text{ஊர்ப்பொழுது கி. வ. தேரம்} = s.$$

$$\theta = x + s.$$

$$= (90 - h) + s$$

$$\text{அகலங்கு} = \left| t + T \left( \frac{366-25}{365-25} \right) - s \right| \text{ மணி.}$$

$$= 15 \left| t + T \left( \frac{366-25}{365-25} \right) - s \right| \text{ பாகைகள்.}$$

11. மார்ச்சு 21-ஆம் நாள் விண்மீன் [5 ம. 52 நி.,  $+7^\circ 24'$ ] சிதம்பரத்தில் (அகலங்கு  $11^\circ 25'$  வ.) கட்சி கடக்கும்பொழுது அதன் ஏற்றக் கோணமென்ன! ஊர்ப்பொழுது என்னமெனக் காண்க. 'அன்று  $E = 7$  நி. 26 நி.

(அ)

12. ஓரிடத்தில் தொற்றக் கதிரவன் நண்பகல் தேரம் கி. ச. க. தேரம் 5 ம. 4 நி. 30 நி.  $E = +6$  நி. 12 நி. அம்மிடத்தின் நெட்டாங்கு என்ன!

(செ)

13. கிரானுமிட்டப்படி, 2 ம. 30 நிமிடத்திற்கும், 4 ம. 30 நிமிடத்திற்கும், கதிரவன் ஓரிடத்தில்  $s$ ம ஏற்றக் கோணங்களில் காணப் பட்டது. அன்று  $E = +6$  நி. இனும், அம்மிடத்தின் நெட்டாங்கு காண்க.

(செ)

14. கிரானுமீட்டர்படி, 11 ம. 36 நி. 4 வினாடிக்கும், 14 ம. 33 நி. 12 வினாடிக்கும், கதிரவன் ஒளிடத்தில் சம ஏற்றக் கோணங்களில் காணப்பட்டது. அங்கு  $E = 4$  நி. 8 வி. ஆனும், அங்கிடத்தின் நெட்டாக்கு காண்க. (செ)

15. கிரானுமீட்டர்படி, மார்க்சு 7-ஆம் தேதி காலை 10 ம. 54 நிமிடத்திற்கும், மீத்பாக 8 ம. 38 நிமிடத்திற்கும், கதிரவன் ஒளிடத்தில் சம ஏற்றக் கோணங்களில் காணப்பட்டது. கிரேக்கில் மார்க்சு 7-ஆம் தேதியிலும் 8-ஆம் தேதியிலும்,  $E$ -ன் மதிப்புகள் முறையே  $+11$  நி. 12 வி.;  $+10$  நி. 57 வி. அங்கிடத்தின் நெட்டாக்கறிக. (செ)

16. ஒரு விபரம் ஒரு நாள் நிலைநிலையிட்டுப் புறப்பட்டுப் பயணம் ஆரம்பித்த 20-ஆம் நாள் ஐக்கை (நெட்டாக்கு மேற்கு  $77^{\circ} 36' 40''$ ) செல்கிறது; போய்ச் செரும் ஐக்கை தேரம் காலை 9 மணி. பயணம் தீர்த்த நாள்களெத்தனை?

17. 1948-ஆம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 28-ஆம் நாள், ஒளிடத்தில் கதிரவன் உச்சி கடந்த போது, கதிரவன் மையத்தின் ஏற்றக் கோணம்  $42^{\circ} 32' 45''$ . அப்போது கிரானுமீட்டர்படி தேரம் 12 ம. 51 நி. 45 வி. பின்வரும் மாறுமீர் பஞ்சாங்கக் குறிப்புகள் கொண்டு, அங்கிடத்தின் நெட்டாக்கு அகலாக்கு கிரேக்கிலையும் காண்க.

கதிரவன் நடுவரை விமக்கம்  $1^{\circ} 53' 39''$ ;

திசைநி நடுவரை விமக்க வளர்ச்சி  $1402'' \cdot 3$ ;

$E = +9$  நி. 12-51 வி.;

$E$ -ன் திசை வளர்ச்சி 19-96 வி.

18. பின்வரும் பதிவுகள் கொண்டு, பதிவு சொந்த நிலத்தின் நெட்டாங்கிலைபறிக.

கதிரவன் தேரக் கோணம்  $75^{\circ}$  கி.;

கிரானுமீட்டர்படி தேரம் 11 ம. 7 நி. 31 வி.;

$E$ -ன் மதிப்பு =  $-3$  நி. 55 வி. (சூறை மதிப்பு);

கிரானுமீட்டர் மெழுகுத்தம் =  $-1$  நி. 18 வி.



## 14. கதிரவன் குடும்பம்—கோள்கள் (The Solar System—The Planets)

14-0. மீத்தூயில் மண்ணுலகம் என்ற பகுதியில் (பகுதி 7) பாக் வழிபத்தில் குறிப்பிட்டோம். அப் பாக்வழியின் வலக் கோடியில் கதிரவன் ஒரு சாதாரண விண்மீன் எனவும், அதைச் சார்ந்து, மண்ணுலகம் உட்பட ஒன்பது கோள்கள் உண்ணவென்றும், அவை குறிப்பிட்ட காலவட்டங்களில் கதிரவனைச் (சென்ட்ரல் விதியனாக்குட்பட்டு) சுற்றி வருகின்றன வெனவும் நாம் பார்த்தோம். இவ் வொன்பது கோள்கள் தவிர, ஆயிரக்கணக்கான சிறிய கோள்களும் (asteroids) உண்ண. இச் சிறிய கோள்களும் கதிரவனைச் சுற்றி வருகின்றன.\*

14-1. கதிரவனை சுமையுடனான, இக்கோள்கள் யாவும் கதிரவன் குடும்பம் எனப்படும். அக்கோள்கள், அண்மை-செய்கை வரிசைப்படி பின்வருமாறு : கதிரவனை அடுத்து வரிசையாக,

1. புதன் (Mercury)
2. வெள்ளி (Venus-கக்கிரன்)
3. மண்ணுலகம் (Earth)
4. செவ்வாய் (Mars-அக்ஷரகன்)
5. வியாழன் (Jupiter-குரு)
6. சனி (Saturn)
7. உரோனஸ் (Uranus-திருதி)

\* இவ்வு நமக்குத் தெரிந்தவற்றையிற் கதிரவன் என்ற விண்மீனுக்கு வட்டமே உற்றுப் உருவானதொரு அதை கிட்டுப் பின்புது எப்போதும் அதைச் சுற்றிக் கோள்களெல்லாம் ஒரு குடும்பம் உண்டது. மற்ற விண்மீன்களுக்கும் இப்போதில் யான கோள்கள் குடும்பம் இருப்பினும் இருக்கலாம். அக் குடும்பங்களில் (மண்ணுலகத்தைப் போல) எக்கெனும் உயிரினங்கள் வரலாம்; அவ்வது உயிரினங்கள் வரலும் ஒத்தியெனக் இருக்கலாம்; அல்லது இவ்விதமேல் உருவாவலாம்.

பீதகுறிய், IV-க் கதிரவனைப் போல கோள்பெற்ற விண்மீன்கள் பத்திய குறியினம் பரக்கலும்.



பண்டிதர்கள் அண்மைக்  
கோள்கள் (Inferior  
Planets) உட்கோள்கள்  
(Inferior Planets  
- Terrestrial Planets)

புதன்      வெள்ளி      சந்திரனாகம்      செவ்வாய்

புறக்கோள்கள் -  
ஆதிபெருவகோள்கள்  
(Superior Planets  
Gas Giants)

னிபாழன்      சனி      உ.கோளம்      செப்பியூன்      புளுட்டோ

படம் 14-1

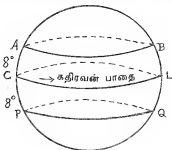
8. நெப்டியூன் (Neptune-வருணன்)

9. புளூட்டோ (Pluto-குபேரன்)

கிடைவாய், செவ்வாய்க்கும் விவாழ்வுக்குரியவையே ஓராயிரம் சிறு கோக்கன் இவங்குடிக்ளன. இவற்றும் மூக்கியமானவை, சீரன் (Ceres), எரஸ் (Eros) என்பவை. இ. பி. பதினெட்டாம் நூற்றாண்டுக்கு முன், நம் மூன்றோர்க்கு, மன்னாளுகை தவிர, புதன், வெள்ளி, செவ்வாய், விவாழன், சனி வன்ற இந்து கோக்கன் மட்டுமே இருந்ததாக எண்ணியிருந்தனர். அதன் பிறகு கடைசி மூன்று கோக்களும் சதிரவனைச் சுற்றி வரும் மந்தையக் கோக்கனெனக் கண்டுபிடிக்கப்பட்டு, சதிரவன் குடும்பத்தோடு சேர்க்கப்பட்டன.

சதிரவனோடு ஒப்பிடும்போது, இக் கோக்கன் வாயும் கிசர் சித்யவை; மன்னாளுகைதோடு ஒப்பிடும்போது, சிவ கிசர் பெரியவை. கிடைவாழ்வு சதிரவனிலிருந்து இருக்கும் சராசரி தூரங்களும், இவற்றின் விட்டங்கள், அடர்த்தி முதலியனபற்றி, பட்டியல் I, II (பக்கம் 36, 37) காண்க. பின்வரும் படம், ஓரளவு, இவற்றின் அளவுகளை ஒப்பீடு செய்து காட்டுகிறது.

14-1.1. சதிரவன் விதி—இராசிக் சுக்கரம் (The Zodiac): நம் மூன்றோர்க்குத் தெரிந்து இந்து கோக்கனின் (புதன், வெள்ளி,



படம் 14-1.1

செவ்வாய், விவாழன், சனி) இவங்கு வழிகள் சதிரவன் பாதைக்கு (the ecliptic) மேலும் கீழும்  $8^\circ$  அகலமுள்ள மண்டலத்திற்கும் அடங்கி

பிரெப்பதாக அங்கம் அறிந்திருந்தனர். இந்த மண்டலத்திற்குத்தான் கதிரவன் வீதி அல்லது கிராசிச் சக்கரம் என்று பெயர். படம் 14-1-1-ல் *GI* என்பது கதிரவன் பாதை; *ABPQ* என்ற கோணப்பகுதி கிராசிச் சக்கரம்.

இவ் வானியல் 30° அகலமுள்ள பன்னிரண்டு சமபாகங்களாகப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கிறது. இவ் பிரிவுமுறை நம் நாட்டில் இன்னும் பலப்படுத்தப்படுகிறது. கதிரவன் இந்தப் பகுதிகளில் இருக்கும் காலம் தமிழ், மலைவாசை மாதங்களாகும். இவ் பிரிவுகளின் பெயர்களாவன :

மேடம் (Aries)	துலாம் (Libra)
மீடபம் (Taurus)	விருச்சிகம் (Scorpio)
மீதுளம் (Gemini)	தனுசு (Sagittarius)
கடகம் (Cancer)	மகரம் (Capricorn)
சிங்கம் (Leo)	கும்பம் (Aquarius)
சென்னி (Virgo)	மீனம் (Pisces)

கதிரவன் இவற்றினையெல்லாம் இருக்கும் காலம் சித்திரை முதல் உள்ள பன்னிரண்டு மாதங்களாகும். மலையாள நாட்டில் இவ் பிரிவுகளின் பெயர்களே மாதங்களின் பெயர்களாகும்.

14-1-2. கி. பி. 18-ஆம் நூற்றாண்டுக்கு முன், இம் மன்னாறுவகம் உட்டா, ஆறு கோக்கர் மட்டுமே வானியலில் மீடம் பெற்றிருந்ததாகக் கூறினோம். கி. பி. 1731-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 13-ஆம் நாள் டர் வில்லியம் ஹெர்ஷல் (Sir William Herschel), கதிரவன் குடும்பத்தில் ஏழாவது கோள் உருளாக இருப்பதைக் கண்டறிந்தார்.

அதற்கு முன்னர் செபீனர், செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடைப்பட்ட பெருவெளியிலே ஒரு கோள் இருந்ததாக வேண்டுமெனக் கூறிச் சொன்னார். கி. பி. 1801-ஆம் ஆண்டு, ஜனவரி முதல் தேதியன்று செவ்வாய்க்கும் வியாழனுக்கும் இடையில் ஒரு சிறு கோள் (மீட்டம் 720 கி. மீ. = 150 கைம்) இருப்பதாக அறிவிக்கப்பட்டது. காலவட்டத்தில் பல்லஸ் (Pallas - மீட்டம் 500 கி. மீ. = 305 கைம்), ஜூனோ (Juno), வெஸ்டா (Vesta), ஏரஸ் (Eros) என வரிசையாக ஏறக் குறைய மிகுமையான 20,000-க்கு மேற்பட்ட சிறு கோக்கள் (சிலவற்றின் மீட்டம் 2 கி. மீ. = 1-25 கைம்) செவ்வாய்-வியாழன் இடைவெளியில் குறிக்கப்பட்டிருக்கின்றன; இன்னும் பல, ஆற்றல்மிக்க தொலைநோக்கி எனக் கிடைக்குதல் உடனம். இது என்ன? என்ற கேள்வி கேட்ட வேண்டிய நிலையில், அச் சிறு கோக்கள் தெறி வீழ்நாறு கதிரவன் குடும்பத்தவர் போலவே, கதிரவனைச் சுற்றி வருகின்றன. ஆனால், அவற்றின் விவரங்களுடன் முக்கூறிய கதிரவன் வீதி அல்லது கிராசிச் சக்கர மண்டலத்தில் அகலப்பட்டிருக்கவில்லை.

இச் சிறு கோன்கள் எப்படி முதல் முதலில் உருவாயின என்பது பற்றிப் பல கருத்துகளும் பல விளக்கங்களும் கொடுக்கப்பட்டு வருகின்றன. அவற்றில் சில :

1. செவ்வாய்க்கும்—விவாழ்வுக்கும் கிடைக்கப்பட்ட பெரிய வெளியில் ஏதாவது ஒரு பெருக்கோன் முதலிலே இருந்து, உட்சத்தியானோ, வெளி சத்தியானோ வெடித்து, சிறு கோன்களாக மாறி இருக்கலாம்.

2. அத்த கிடைவெளியில் உருவாகியுள்ள ஒரு கோன், விவாழ்வின் அப்படிச் சத்தியின் ஆற்றல் தாங்கமுடியாமல், சிவனுடையினமாகச் சிதறிய போயிருக்கலாம் (வான வெளியில் ஏற்பட்ட ஒரு கருச் சிதைவு —a cosmic abortion).

3. ஆரம்பத்தில் செவ்வாயின் துணைக்கோளாயிருந்த ஒரு விண் பொருள் (Satellite of Mars) எப்படியோ வழி தவறிப்போய் வெடித்துச் சிதறுகிற தனிக் கோன்களாகச் சதிரவன் குடும்பத்தோடு சேர்த்திருக்கலாம்.

4. அதே மாதிரி விவாழ்வின் துணைக்கோள் ஏதாவதொன்று தன் தலைவனை விட்டுப் பிரிந்துவந்தானோ, தலைவனின் அப்படிச் சத்தியான கருவிரிளைத்திற்கு ஆளாகி, சிதறுகாடு போய், பாட்டனாசனிய சதிரவனிடமே அடைக்கலம் புகுத்திருக்கலாம்.

வாயம் செல்லச்செல்ல, சத்திரவனிலோ அல்லது செவ்வாயிலோ மனிதன் ஒரு வானியல் ஆராய்ச்சிக்கூடம் உருவாக்கி, அங்கிருந்து இச் சிறு கோன்களை துண்டாக்கிக்குக் கொண்டுவரும்போது, அவை பற்றிய புதிர்கள் விளக்கம் பெறலாம்.

14-1-3. அடுத்த கோன் நெப்டியூன் : உரோனஸ் கிடயூதரிக் கப்பட்ட பின்பு, அக் கோனின் இயக்கம் புதிய பல கோள்களை எழுப்பியது. உரோனஸின் இயக்கம் வானியலறிஞர் கணித்தபடி அமைவாதபடியால், ஏரோ தெல்கீஸ் கொடுக்கும் விண்பொருள் உரோனஸின் இயக்கக் கோளாறுகளுக்குக் காரணமாகவிருக்க வேண்டுமென, வானியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் அவதிப்பட்டுக் கொண்டிருந்தனர். ஏதாவது மற்னோர் (கண்டுபிடிக்கப்படாத) கோள் இக் கோளாறுகளுக்குக் காரணமாயிருக்கலாமோ எனச் சித்திக்கத் தொடங்கினர். ஏதக்குறைய ஏரோ சமயத்திற், ஆல்சியெய் பேராசிரியர் ஆடம்ஸ் (Adams) என்பவரும், பீரெஞ்சுய் பேராசிரியர் லேவேறியர் என்பவரும் (Le Verrier) அதுவரை வானியல் கணிதவியத்தில் சேர்க்கப்படாத ஒரு புதுக் கோள் உரோனஸுக்கு அப்பால், சூம்பம் (Aquearius) எனப்படும் விண்மீன் மண்டலத்தில் இருக்கலாம் எனக் கொள்கையைக் கணித்தனர். அக் கணிப்புப்படி, 1846-ஆம் ஆண்டு, செப்டம்பர்

25-ஆம் நூல் பெர்லின் (Berlin) வானியல் கூடத்திலும், செப்டம்பர் 29-ஆம் நூல் கேம்பிரிட்ஜ் (Cambridge) வானியல் கூடத்திலும் அப் புதிய கோல் நெடுநூல் துண்டாடியவர்த் காட்சிக்குச் சிக்கியது. இது கதிரவன் குடும்பத்தில் எட்டாவது கோளாகும்.

14-1-4. ஒன்பதாவது கோல் புளூட்டோ (Pluto): இது 1930-ஆம் ஆண்டு கிடைசுதிகடப்பட்டது. விவரங்கள் பின்னர் 'புளூட்டோ' என்ற தலைப்பில் காண்க.

14-1-5. மேலும் கதிரவன் குடும்பத்தைச் சார்ந்த கோள்கள் உண்டா? இக் கேள்விக்கு முடிவான பதில் கூறுவது சிபவாது. பிக்ஷர் (Pickering) என்ற வானியல் அறிஞர், புளூட்டோவுக்கு அப்பால் குறைந்தது ஒரு கோல் இருக்கலாம் என்றும், ஒன்றுக்கு மேலிருந்தாலும் விவரப்பிரகாரம் கூறுகிறார். காலத்தால் அவர் கூற்றை விளக்க முடியும்.

14-1-6. கதிரவனிடமிருந்து இக் கோள்கள் இருக்கும் தூரங்கள்: வானியல் மூலதரப்படி இக் கோள்களின் தூரங்களும் மற்றப் பண்டங்களும் ஆராய்ந்து கணிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. [14: பட்டியல் I, II (பக்கம் 36, 37) காண்க.]

14-1-6-1. போட்-டிடிவஸ் தூர விதி (Bode-Titus Law of distances): ஆளுதல் போட் என்பவரும் டிடிவஸ் என்பவரும் கோள்களுக்கும் கதிரவனுக்கும் உள்ள தூரங்களை நாம் கவனத்தில் கொள்ளுமறு ஒரு விதி கருத்திருக்கிறார்கள். இன்று அது போட் விதியென்றே வழக்கிலுள்ளது. அக் விதியாவது: 0, 3, 6, 12, 24, 48, 96, 192, 384, 768 என்ற எண்ணை வரிசையாக எடுத்துக் கொண்டு இக்கு '0' 'தவிர, மற்றவை 'கிடைசு' பொது விதிதல் கொண்ட பெருக்கு வரிசையில் உள்ளன. மற்ற அக் பெண்கள் ஒக்கெவன் ஜெடும் 4 கூட்டி, பத்தாக வருக்க.

4 கூட்டல்: 4, 7, 10, 16, 28, 52, 100, 196, 388, 772.

10-ஆல் வகுத்தல்: 0.4, 0.7, 1, 1.6, 2.8, 5.2, 10, 19.6, 38.8, 77.2.

இந்த வரிசையில் மூன்றாவது கிடைத்தல் கிருப்பது 1. கோள்கள் வரிசையில் மூன்றாவது கிருப்பது மண்டியுலகம். எனவே, கதிரவனிடமிருந்து மண்டியுலக தூரம் ஒர் அலகு (one unit) எனக் கொள்க. இது வானியலில் தூரம் அளக்கும் ஒர் அலகு (Astronomical unit) ஆகும்.

இந்த அலகு கொண்டு, கதிரவனிடமிருந்து வரிசையாக புதன், வெள்ளி, மண்டியுலகம், செவ்வாய், சிவ கோள்கள் விவரங்கள், சனி, உரே

னர், நெய்நீர், புளுட்டோ மூலையே 0.4, 0.7, 1, 1.6, 2.8, 5.2, 10, 19.6, 38.8, 77.2 அளவுகள் தூரத்தில் உள்ளன என போட் விதி கூறுகிறது. ஆனால், கடைசி மிகு கோக்கன் (நெய்நீர், புளுட்டோ) விலக்காக, 'போட்' விதிப்படி கணித்த தூரங்களும், வானியல் மூலதரப்படி சரிபாசக் கணித்த தூரங்களும் ஒரே மூலையே ஒத்துப்போவது கனக்க. 'போட்' விதிப்படியும், வானியல் கணிப்புப்படியும், அத் தூரங்கள் மிகவும் மட்டியாகத் தரப்பட்டிருக்கின்றன.

கோக்	'போட்' விதிப்படி தூரம்	வானியல் மூலதரப்படி கணிக்கப்பட்ட தூரம் (மூன்று பதின் பகுப்பு வரை)
புதன்	0.4	0.387
செவ்வளி	0.7	0.723
மண்ணுலகம்	1.0	1.000
செவ்வாய்	1.6	1.524
சூறு கோக்கன்	2.8	2.8
விடாழன்	5.2	5.203
சனி	10.0	9.539
உரேனஸ்	19.6	19.191
நெய்நீர்	38.8	30.058
புளுட்டோ	77.2	39.518

'போட்' விதி கவனத்திற்குரிய விதியேயொழிய, வானியல் ரீதியில் நிறுவப்பட்ட (astronomically proved) விதியன்று என்பதை மறந்துவிடக்கூடாது. சதிரவனுக்கும் மண்ணுலகத்திற்கும் உள்ள சராசரி தூரம்  $93 \times 10^6$  கைமீகள் அல்லது  $149.5 \times 10^6$  கி.மீ. இந்த அளவில் கடைசிக் கோக் புளுட்டோவிற்கும் சதிரவனுக்கும் கிடைக்கப்பட்ட தூரம்  $39.52 \times 149.5 \times 10^6$  கி.மீ. =  $5908.24 \times 10^6$  கி.மீ. இந்த அளவை நாம் ஒருவாறு எப்போது செய்து பார்த்தால் சதிரவன் கையத்திலிருந்து மணிக்கு 8000 கி.மீ. வேகத்தில் செல்லும் ஒரு விண்வெளிக் கப்பல் தோராயப் புளுட்டோவை அண்டை வேண்டுமானால், 54 ஆண்டுகள் ஆகும் எனத் தெரியும். கிரிவனடி பெரிய விண்வெளியில் சதிரவனும், சதிரவன் குடும்பக் கோக்களும் நிலங்கி வருகின்றன. மிப்போது சதிரவனைச் சேர்த்து, மண்ணுலகிலே விளக்கி, சதிரவன் குடும்பத்தில் உள்ள கோக்களைப்பற்றித் தனித்தனி யாக நமக்கு கிதுவரை தெரிந்த உண்மைகளைக் கருக்கொடப் பார்ப்போம்.

14-2. சதிரவன்: சதிரவன் தனது குடும்பத் தலைமையாகிய கையத்தில் திகழ்கிறது. எல்லாக் கோக்களும் செவ்வர் விதிகளின்படி,

சதிரவன்ச் சுற்றி மிகுந்த செண்டு வருகின்றன. சதிரவன் விட்டம் 1,382,400 கி.மீ. = 864,000 மைல்கள். மண்ணுமசத்திலிருந்து சராசரி தூரம்  $149.5 \times 10^6$  கி.மீ. =  $93 \times 10^6$  மைல்கள். சதிரவன் தன்னைத் தானே தன் மையத்திற்கு அச்செண்டு ஒருமுறை சுற்றுகிறது. சுற்றம் காலவட்டம் 25-38 நாட்கள். இக் காலவட்டம் மாறு ததுக்குட்பட்டது (நிலைத்தது). சதிரவன் ஒளியும் வெப்பமும் உயிர் வாழ்வதற்குத் தவிர்க்க முடியாத தேவையாதலின் தமக்குச் சதிரவன் தனிச் சிறப்புடையதோர் வகைப்பொருளாகும்.

14-2.1. சதிரவன் மிகப்பெரிய அதிவெப்பமான ஆளிக் கூட்டு (enormous collection of exceedingly hot gas). அதன் உள்னே கனப்பொருள் (solid matter) என நமக்குப் பழக்கமான பொருளேதுமில்லை. அதன் வெப்பத்தில் கனப்பொருள் தன்னிலை யானது கனப்பொருளை விடுக்கமுடியாது. சதிரவன் வெளிப்புறத்தின் வெப்பநிலை ஏறக்குறைய  $6000^\circ\text{F}$ . உள்னே செவ்வச்செம்பு வெப்பநிலை வெகுமேலாக உலர்ந்தது.

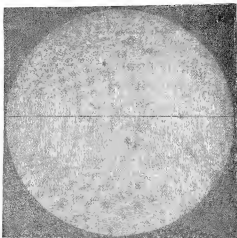
நடுவே ஏறக்குறைய  $20,000^\circ\text{F}$  விடுக்களைக் என நம்பப்படுகிறது. [அவ்வளவு வெப்பம், அகதவிடப் பள்ளமக்கு வெப்பநிலையை மனிதன் இக் மண்ணுமசிலேயே உண்டாக்கியிருக்கிறான். அழிய வேண்டுகூடப் பலப்படும்க் உரேனியம் வெடிகூண்டு (uranium bomb) வெடிக்கும் போது அதன் மைய வெப்பநிலை  $150,000,000^\circ\text{F}$ .] தற்சமயம் சதிரவன் உட்பொருள் 55% நீர்வாயு (hydrogen); 41% ஹீலியம் (helium); மீதி 1% மற்றப் பொருள்கள். சதிரவன் ஒளி, வெப்ப அலைகள் எப்போதும் பரவிக் கொண்டேயிருப்பதாக சதிரவன் ஆற்றம் குறைந்து செண்டு வருகிறது. ஆனால், மிகவசந்தம் குறைவக் குறைவ சதிரவன் உள்னே விடுக்கும் நீர்வாயு வெப்பமாக மாறி மிகுந்தும் ஆற்றலைச் சரிக்கடித்தி கொண்டேயருகிறது. எனவே, சதிரவன், காலவட்டத்தில் வெப்ப மிழந்து குளிர்ந்துபோய்விடுமோ என்ற நிலை ஏற்படாது என வானியல் அறிஞர்கள் தெரிவிக்கக் கூறுகின்றனர். சதிரவன் மண்டலத்தில் உள்ன பொருள் பண்டாரத்தில் (treasury) 99% சதிரவனிலேயே முடங்கிக் கிடக்கிறது. மீதி 1% தான் மற்றக் கோள்கள் முதலியவற்றின் பரவலாகச் சிததிக் கிடக்கின்றது.

14-2.2. சதிரவனுக்கு நேர் எதிரையான முகத்தில் சதிரவன் கோள்கள் அமைந்துள்ளன. கோள்கள் எதற்கும் சொத்தமான ஒளியோ வெப்பமோ கிடையாது. அவை வாயும் ஒளியையும் வெப்பத் தையும் சதிரவனிடமிருந்தே பெறவேண்டும். ஏதோ சில கோள்களுக்கு உள்வெப்பம் சிதது விடுப்டினும், அது எதற்கும் பயன்படாது. மேலும் சதிரவன் தன்னைத்தே கொண்ட பொருள்கள் வேறு. கோள்கள் தங்களுக்குள்ளே பெற்றிருக்கும் பொருள்கள் வேறு. ஒவ்வொரு



சோலும் மற்றக் சோல்களையொட்டி ஒர்புறமும் ஊனும் வகையில் அமைந்திருப்பதாகத் தெரியவில்லை.

14-2-3. சூரியன் கறைகள் (Sun spots): சாதாரணமாக ஒரு கறைபுதி அன்றாடம் வரிகளாகச் சூரியனைப் பார்த்தால், ஏதோ



I (14-2-3)

#### சூரியன் கறைகள்

1958-ஆம் ஆண்டு, ஏப்ரல் 2-ஆம் நாள், வெர்னோனிலில் (white light) எடுக்கப் பட்ட சூரியன் தட்டுப்படில் (கொடைக்கானல் கானாஸ்கி நிதியம்.) பெரிய கறைகள் (கருநிறம்) கிடுப்பறைகள் காண்க.

(கொடைக்கானல் கானாஸ்கி நிதியம் தனிவரை.)

பெரிய பெரிய பள்ளங்களும், எரிமலைகளும் அங்கு கிடுப்பறைபோலத் தோன்றுகின்றன. இவை சூரியன் கறைகள் எனப்படும்.

ஒரு கைறையை எடுத்துக்கொண்டால் அதன் அகர்பகுதி ஒன்றும், புறப்பகுதியொன்றும் தென்படும். அகர்பகுதி அக்கைறையின் கையத்தி லிருக்கும்; அதற்குக் கருதியல் (umbra) எனப் பெயர். கதிரவன் உக்கிரத்திற் மேல் எழும் வாயு, நாள் விரிவதால் வெப்பம் தணிந்து, ஒரு கைறையோடு அமைந்துவிடுகிறது. அக் கைறையை வெம்பெறு விட்டவர்க்குப் பெற்றவை. மிகச் சிறிய கைற 2,400 கி. மீ. (1,500 மைல்) அகலமுள்ளது. மிகப் பெரிய கைறை 80,000 கி. மீ. (50,000 மைல்) அகலமுள்ளது. சில கைறைகள் பல கோக்களை ஒரேயே விழுகின்றிடக் கூடிய அகலமுடையன. கதிரவன் தன்னைத்தானே சுற்றுவதால், இக் கைறையும் உடன் சுழன்று, கிடர்பெயர்ச்சியடைகின்றன. தினசரி சில ஆயிரம் கி. மீ. கூட கிடர்பெயர்ச்சி ஏற்படுகிறது. 15 நாட்களுக்கு ஒரு முறை சில கைறைகள் தோன்றி மறைந்து கொண்டேயிருக்கின்றன. சில கைறைகள் ஆறுமாத காலவட்டத்தில் தோன்றி மறைகின்றன. வேறு சில கைறைகள் ஒன்றிரண்டு நாட்களில் தோன்றி மறைகின்றன. ஒரு கைற 18 மாதங்கள் இருந்து மறைந்தது என வரலாறு கூறுகிறது.

பல வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடங்கள் (கொடைக்கானல் வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடம் உட்பட) நாள்நேரமும் இக் கைறையிற் புனைப்படும் எடுத்து அவற்றின் விபக்கத்தை ஆராய்கின்றன. அம்மையராய்ச்சிகளின் பயனாக, அக் கைறைகள், கதிரவன் நடுவரைக்கு இருபக்கங்களிலும் 35° அகலமுள்ள இரு பட்டங்களில் ஏற்பட்டு மறைகின்றன எனக் கூறப் படுகின்றது. ஒருவேளை ஓரத்திலிருப்பவை நமது காட்சிக்குப் பட்டா ளும் இருக்கலாம். பல ஆண்டுகள் கோதனை காரணமாக, இக்கைறைகள் தோற்றம்-மறைவு, ஒரு காலகட்டத்தில் ஏற்படுகின்றனவெனவும், அக் காலவட்டம் ஏறக்குறைய 11 ஆண்டுகள் எனவும் கணிக்கப்பட்டிருக் கிறது. 11 ஆண்டுகளுக்கு ஒருமுறை இக் கைறைகள் விபக்கம் மிக உயர்ந்த நிலையை எய்திப் பின்னர் குறைகிறதெனவும் கூறப்படுகிறது. ஆனால், இது மிகச் சரியான காலவட்டமென ஒத்துக்கொள்ளப்பட வில்லை. டடக் 14-2-3 காண்க.

14-2-4. கதிரவன் கைறைகளுக்கும் மண்ணுலகத்தில்க்கும் உள்ள தொடர்புகள் : காந்தப் புலங்களும் துருவ மின்குணங்களும்

காந்தப் புலங்கள் (Magnetic storms) மண்ணுலகில் ஏற்படுவ தற்கும் கதிரவன் கைறையின் கறுகறுப்பிற்கும் நெருங்கிய தொடர்பு உண்டு. பல கைறைகள் உட்கன காலத்தில் காந்தப் புலங்களும் மிகுதி. 1875-ஆம் ஆண்டிற்கும் 1903-ஆம் ஆண்டிற்கும் கிடைக்கப்பட்ட 28 ஆண்டுகளில் 19 காந்தப் புலங்களைப்பற்றிச் சிறப்பாராய்ச்சி நடத் திய மாண்டர் (Maunder) கண்டு கூறிய சில முடிவுகள் : கதிரவன் நடு செட்டாக்கில் (Central Meridian) ஒரு கைற தோன்றும்போது, காந்தப் புலம் திடீரெனத் தோன்றுகிறது. மேலும் 27-3 நாட்கள் கால

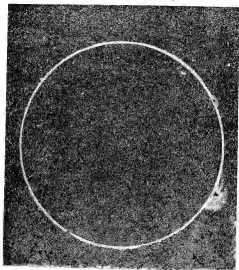
வட்டத்தில் காந்தப் புலங்கள் வலிமையுள்ளவாயிருக்கின்றன. ஆனாலும் இக் கதையிதான் இப் புலங்களுக்கு நேரடியான காரணம் என்றும் கூறமுடியாது என ஒரு கருத்து நிலவுகிறது. கதையிதன் மூலம் புலங்கள் நேரமாக; கதையிருக்கும் புலங்கள் நேரமயவாக அமைக. எனவே, இக் கதையின் தோன்றும்போது, ஏதோ, தீரவனுட்பகுதியில் காந்தநிலிப்புடன் ஏற்பட்டு, இக் கதையின் தோன்றலாக எனவும், அக் காந்தநிலிப்புப் பகுதியிலிருந்து வெளிவரும் மின் சுமை தாக்கிய அணுக் கூறுகள் (electrically charged particles) மண்ணை மண்டலத்தில் மோதலுமெனவும், அம் மோதல் காரணமாகக் காந்தப் புலங்கள் மண்ணுமில் ஏற்படலாமெனவும் கூறப்படுகிறது. இக் கதையின்பற்றி ஹேல் (Hale), ரெர்க்னெஸ் (Rjerknes) மத்திய யோர் விரிவாக ஆராய்ந்துள்ளனர். அவர்கள் சொன்னகதைத் தனியாக அறிய வேண்டும்.

இக் காந்தப் புலங்கள் மிக வலிமை பெறும்போது, தந்திப் போக்கு வரத்து சில மணி நேரம் செயலற்றுப்போய்விடுகிறது. வானொலிப் பெட்டிகள் வழியாக வரும் குரல்கள் செவிக்கின்றது அதிர்ச்சியோடு ஒலிக்க முற்படுகின்றன.

14-2-6. துருவ மின்னொளி (Aurora): தீரவன் கதையுக்கும் மண்ணுமில் துருவப் பகுதியில் கிரேஸ் தோன்றும் செவ்வான ஒளிகளும் தொடர்புண்டென வானியல் அறிஞர் அறிவிக்கின்றனர். இக்கதையின் மிகுதியாகத் தோன்றும் காலத்துத் துருவ மின்னொளி மிகுத்தும், குறைவாகத் தோன்றும் காலத்துத் துருவ மின்னொளி மக்கியும் காட்சியளிக்கிறது. சில பொருள்களை மட்டுமே தன்மூலம் வலிக்கும் காந்தக் கம்பைவிட, எல்லாப் பொருள்களையும் தன்மூலம் வலிக்கும் நம் மண்ணுமில் பேராந்தல் படைத்த ஒரு காந்தப் பிழம்பு. இந்தக் காந்த சக்தி உலகத் துருவப் பகுதிகளிலே ஒருமூலப்பட்டுக் கிறது. தீரவனின் உட்குழப்பத்தின் வெளிவரும் மின்னணுக்கள் மனதுபோல வரும்போது இக் காந்த மனஞ் செய் துருவப்பகுதிகள் வலித் திழங்கின்றன. அதன் விளைவாவே, துருவப் பகுதிகளில், பேரிரவிக் அம்பொளி மிளகை விளக்கமுற்றுப் பொலிகிறது.

14-2-8. தீரவன் முகடுகள் (Solar Prominences): அம் வகைத் திரைத்திரை, ஒரு குதிப்பிட்ட குந்தியை உருவானால், மண்ணுமிற்கும் தீரவனுக்கும் குறுக்கில் சத்திரன் நீன்று மண்ணுமில் ஒரு பகுதிக்குத் தீரவனை மறைக்கிறது. அது தீரவன் கிரணம் எனப்படும். அப்போது, அந்தப் பகுதியிலுள்ள காட்சியளகள், தீரவன் வட்டத்தைச் சுற்றியிருக்கும் வரப்புப் பகுதியின்க் கண வாய்ப்பேற்படுகிறது. அச்சமயம், தீரவன் வரப்பிலிருந்து நீண்ட பிழைத்தி நாக்குகள் (tongues of flame) பெருதூரம் செல்வதைக்

காணலாம்.\* கிணை அதிரவன் மூகடுகள் எனப்படும். கிணை பல உருவங்கள் தங்கி நிலங்கயத்த சிவப்பு வண்ணத்தோடு, சில ஆயிரம் கி.மீட்டர்கள் வரை எழுத்து நிழல்கின்றன. 1919-ஆம் ஆண்டு உருவான அதிரவன் கிரகணத்தின்போது, ஒரு பெரிய நீ தாக்கு 475,000 மைலிகள்



II (14-2-6)

அதிரவன் மூகடுகள்

1909-ஆம் ஆண்டு, செ மாதம் 19-ஆம் நாள், காசியம் K-ல் (செவ்வழிவம்-Violet) எடுக்கப்பட்ட அதிரவன் படம். வடிவம் ஒரு பெரிய மூகடு கிணை மாதிரி காண்க.

(செவ்வழிவம் வளையத்தில் நிலை நகர்வானது.)

\* கிணை பரிக்ருக்போது, அதிரவன் ஆயிரம் சிவந்த தாக்குகிறாண்டவரை எந்த கவியின் கூற்று உண்மையானது எனத் தெரந்தும்.

உயரத்திற்குப் பாய்ந்து நின்றதெனக் கூறப்படுகிறது. சித்ப முகடுகள், சூரியன் வரம்பில் மாணிக்கக் கற்கள் பதித்திருப்பது போன்ற தோற்றமளிக்கின்றன. இம் முகடுகளை முழுக் சூரியன் கிரணத்தின் போதுதான் பார்க்க முடியும் என்ற எண்ணம் திரவியத்தது. ஆனால், 1868-ஆம் ஆண்டில் லாக்வேர் (Lockyer) என்பவரும், ஜான்சன் (Janssen) என்பவரும் தனித்தனியே, இம் முகடுகளைக் கவனிப்பதற்காகச் (Spectroscopie) எனப்படும் ஒளி உடைக்கும் கருவி கொண்டு கண்டுவிட முடியும் எனச் செய்து காட்டினர். சூரியன் கைகளைப் போலவே, அக்கைகளின் காலவட்டத்திலேயே (annular spot cycle) இம் முகடுகள் உபயுக்தமும் தாழ்வகமும் தாழ்வகமாகவும் இருக்கின்றன. இம் முகடுகள், சூரியன் நடுவகைக்கு வட்டத்திலும் தெற்கிலும் முள்ள ஒரு பட்டியத்தில் தோன்றுவது அநியமம். சில முகடுகள் சூரியன் கைகளுக்கு அண்மையிலும் தோன்றுகின்றன. படம் 14-2-6 காண்க.

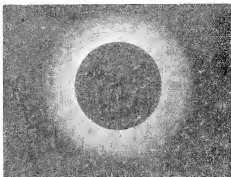
உருவம், அளவு, நிலைமை இம்மூன்றையும் பொறுத்தவகையில் இம் முகடுகள் பரிணாமப்பட்டன. ஆனால், இம் முகடுகளை ஆராய்ந்த வானியலறிஞர் எவர்ஷெட் (Evershed), அவற்றை மேலெழுந்து பாயும் முகடுகள் (eruptive prominences) எனவும், அமைதியான முகடுகள் (quiescent prominences) எனவும் இரு பிரிவுகளாகப் பிரித்தனர்.

மேலெழுந்து பாயும் முகடுகள் : இவை ஏழுக்கணக்கில் (rocks) போலவும், ஒளி மிகுந்த பித்துத்தாளைகள் போலவும், வளைவுகள் (arches) போலவும் சூரியன் வரம்பிலிருந்து எழுகின்றன. இவை எழுவகைச் சூரியன் கைகள் எழுவதோடு தொடர்புபடுத்தலாம்.

அமைதியான முகடுகள் : கிவ்வித முகடுகள், கிவ் பெரிய உருவங்கள் தாக்கியும், கூர்ச்சுழைப்புகள் (pyramids) போலவும், பெருத்தூண்டல் (columns) போலவும் இருக்கும். கிவ்நிற்கும் சூரியன் கைகளுக்கும் தொடர்பு மிகுப்பதாகத் தெரியவில்லை. ஆனால், கிவ்நிற்க சில உடைத்து, சிதறுண்டு, மேலெழுந்து பாயும் முகடுகளாகவும் மாறிவிடுகின்றன. 1938-ஆம் ஆண்டில், மிம்சன் மவுன்ட் (Mount Wilson) வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் காணப்பட்ட ஒரு முகடு, உடைத்து 2½ மணி நேரத்தில் ஏறக்குறைய 160 மில்லிசெக். கி. மீ. (10<sup>6</sup> கைகள்) சூரியன் வரம்பிலிருந்து மேலேறிப் பாய்ந்து மறைந்ததென அறிவிக்கப்பட்டது. 1946-ல் தோன்றிய மற்றொரு முகடும் அதற்கு மேலும் உயர்ந்து மறைந்ததெனத் தெரிகிறது.

குறிப்பு : மற்றம் முகடுகளைப்பற்றி அநிய ஏனைய ஆக்கிய தாக்கக் காண்க.

14-27. **சுதிரவன் ஒளிர் மகுடம் (The Corona of the Sun):** சுதிரவன் வட்டம் முழுவதும் மறைக்கப்பட்டு முழுச் சிரணம் ஆரம் பிக்கும் தழவையிலிருந்து, சுதிரவனைச் சுற்றி ஒர் ஒளி வட்டம் (corona) நம் காட்சிக்கு வருகிறது. இது சுதிரவனின் ஒளிர் மகுடம் அல்லது ஓரவிர்த்தின் கிரீடம் எனப் பெயரிடப்பட்டிருக்கிறது. முழுச் சிரணம் ஏற்படும் பொழுதாவது இம் மகுடம் காட்சிக்குக் கிடைப்பதரி தாகும். லூயுக், லைட் (Lyot) என்பவர் செயற்கையாக ஒரு முழுச்



III (14-27)

### சுதிரவன் ஒளிர் மகுடம்

1896-ஆம் ஆண்டு, ஜனவரி 22-ஆம் நாள் முழுச் சுதிரவன் மறைப்பு நிகழ்ந்த காலம் எடுக்கப்பட்ட சுதிரவன் படம். வட்ட வளை முழுவதும் எழும்பிய ஒளிர் மகுடம் உண்மையில் காண்க.

(வெண்காணம் வானூரல்க்கி திரைப் தகவோகம்.)

சுதிரவன் சிரணம் உண்டுபண்ணி இம் மகுடம் காணும் வகையென்றது வருத்திருக்கிறது. (Sir Harold Spencer Jones 'General Astronomy'—பக்கம் 176 காண்க.)

சுதிரவனைச் சுற்றி வெங்கோளில் சிறகுகள் முளைத்து கூர்ந்து முகிழ்ப்பது போல, இவ்வொளிர் மகுடம் சுதிரவன் வண்டியை முழுதும்

பாவிக்குக்கிறது. ஆனால், இது ஒரு மனோம் போன்ற தன்மைத்தன்மை; இது ஒரேதேயம் பெருத்தும் மந்திரேதேயம் சிறுத்தும், ஒரு புறத்தே ஒளிவிக்கும் மந்திரேதேயம் ஒளி மங்கியும் நோக்குகிறது. இதன் தன்மையைப் பாளவெய்யை முழுதும் ஆராய்வதற்குப் போதிய வசதிகள் கிடைப்பது சரிதானிருக்கிறது. முழுச் சதிரவன் கிரகணமே மூப்ப நாண்டுக் கொடுமுறை நோக்கு, மூன்று நாள்கு நிமிடங்களுக்குமேல் நீடிப்பதில்லை. அக் குறுகிய கால அளவில் எவ்வளவுச் செய்யமுடியும்!

ஒரு முழுச் சதிரவன் கிரகணம் நிகழும்போது, அது மண்ணுவழிச் செல்லப் பகுதியினதும் தெரிகின்றன. சில சமயங்கள் ஒரு குறிப்பிட்ட இடங்களில் மட்டுமே தெரியும் நிலை உருவாகிறது. அது எங்கு தெரியும் வானியல் ஆராய்ச்சியில் கண்ணும் கருத்துமாயுள்ள ஆராய்ச்சி யாளர்கள் பொருட் செலவு கருதுவது, மற்றம் சீர்ப்பாண கிடைப்புகள் எவ்வகையுமே பொருட்படுத்தாது, அம்மிடங்களுக்குச் சென்று, தங்க வானியல் ஆராய்ச்சிக் கருவிகளை நிலைக்க வைத்து, முழுச்சதிரவன் கிரகணம் எப்போது வரும் என ஏதேனும் வண்ணம் காத்திருந்து, முழுக் கிரகணம் ஆரம்பிக்கும் பொழுதிலிருந்து, முழுக் கிரகணம் முடிவுக்குவர வரவர வரவரவரவர, தங்களுக்கு வேண்டிய படங்கள், குறிப்புகள் யாவும் எடுத்துக்கொள்கிறார்கள். 1970ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 7ஆம் தேதியன்று ஒரு முழுக் கிரகணம் உருவாகியது. அது மெக்ஸிகோவில் (Mexico) மட்டுமே தெரியுமெனக் கணிக்கப்பட்டது (இத்தியாவில் தெரியாது.) வானியல் ஆராய்ச்சியில் கருபட்ட பல நாட்டு வானியல் அறிஞர்கள் சில நாள்களுக்கு முன்னரே, கிரகணம் நோக்குமிடத்திற்கு குறித்தனர். நம்வாய்ப்பின் படிமுறை முழுக் கிரகண நேரம் முற்றிலும் வானத்தில் எத்தக் கருமுடியும் குறக்கிடவில்லை. தங்களுக்கு வேண்டிய படங்கள், எட்சிக் குறிப்புகள் யாவும் எடுத்துக் கொண்டனர். சில ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஒரு முழுக் கிரகணம் கிழக்கவழிச் தெரியும் வகையில் உருவாகியது. உலகெங்கெங்கிருந்து வானியல் வல்லுநர்கள் முழுக் கிரகண நேரத்தை அங்கு எதிர்பார்த்துக் கொண்டிருந்தபோது, ஒரு கருமுடியும் வானத்தில் தவற்த்து வந்து சரியாக முழுக் கிரகண நேரத்திற்கு சதிரவனை முற்றிலும் மறைத்து விட்டது. கிரகணம் முடிந்த பின்னாலும், அம் முகம் கிடம் பெயர்த்தது. வானியல் அறிஞர்கள் யாவரும் பெரும் ஏமாற்றத்தோடு, எதிர்பார்த்த நம்வாய்ப்பின் கிழந்து நாடு திரும்பினர். சேவ்வான பொருளும் அதிலும்! அவ்வளவும் வீண் வீரவரையிற்று.

14-8-8. சதிரவன் விதி எழுவொளி (Zodiacal Light): மந்திரேய கியத்தகு வட்டிக்கும் சதிரவனுக்கும் தொடர்புண்டு. இதையும் சதிரவன் மனோதத்தோடு தொடர்புடையது எனக் கூறப்படு கிறது. இது சதிரவன் விதி எழுவொளி அல்லது கிரேசிச் சக்கரத்தின் எழுவொளி எனப் பெயர் பெறும். சதிரவன் மறைந்த பின்பு,

சந்திரனற்ற நில மேல்வானத்தை நோக்கின், சதிரவனிலிருந்து புறப்பட்டு வருவது போல ஒரு கூம்பு (cone) வடிவான ஒர் ஒளிக் கற்றை மங்கையாகத் தெரியும். அங்ஙனமே நிலக் கிழவானத்திலும், சதிரவன் எழுவதற்கு முன்பு ஒர் ஒளிக்கற்றை கூம்பு வடிவிக் தன் சதிரவன் விளித்திருப்பது தெரியும். இக் கூம்பின் பரந்த பகுதி தொடுவானத்தையடுத்து, வானத்தில் செல்லச் செல்லக் கூம்பிலிரும்; மங்கையிலிரும், இதன் போக்கு, சதிரவன் பாதையிலேயானதும், ஏறக்குறைய  $90^\circ$  வரை பரவியிருக்கும். சதிரவன் பாதை, தொடு வானத்திற்கு மிகவும் சாய்ந்திருக்கும் காலங்களில் ஒளியிருத்திருக்கும்; அதாவது, மண்ணுமரின் வெப்பமண்டலத்தில் மிகத் தெளிவாகப் புலப் படும். ஏனெனில், வெப்பமண்டலத்தில்தான் சதிரவன் பாதை, தொடு வானத்திற்கும் மிகச் சாய்வு பெற்றிருக்கிறது. (சதிரவன் பாதை மீட்பெரு சாய்வு  $90 - \phi + \omega$ ; மீச்சிறு சாய்வு  $90 - \phi - \omega$ ). அத்திப் பொழுதோடு (Twilight) கிங்கொளியும் கலப்பதாக, கிங்கொளியை அத்திப்பொழுதொளியோடு நாம் தவறாகச் சேர்த்துவிட வாய்ப்புண்டு. சதிரவனிலிருந்து  $30^\circ$  தூரத்திற்கு அப்பாக, கிங் வெழிமொளி சிறப் பாகத் தோன்றும். ஒளிப்பொருளை வாரி வழுக்கியது போல, தெருக தீந்து ஒளிக்கின்ற கிக் காட்சி விவத்தது காட்சியேயாகும்.

சதிரவன் குடும்பத் தலைவனான சதிரவனைப்பற்றி விதவரை நாவறிந்த சிலவற்றைப் பார்த்தோம். இனி அக் குடும்பத்தில் அக்கக் வகிக்கும் ஒவ்வொரு கோளையும் பற்றிச் சுருக்கமாக, விதவரை நாவறிந்த சில செய்திகளைப் பார்ப்போம். கிக் கோள்களைப்பற்றிய சில புக்கி விவரங்கள் சதிரவனிலிருந்து தூரம், அவற்றின் விட்டம் முதலியன பட்டியல் 14-I, II-ல் (பக்கம் 35, 37) கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அப்பட்டியலில் உள்ளவற்றை முதலில் சற்றுக் கவனமாகப் பார்த்துக்கொள்ளலாம். இக்கனர் ஒவ்வொரு கோளைப்பற்றியும் சில சிறப்புத் தன்மைகளைப் பார்க்கலாம்.

14-2-3. சதிரவனைச் சுற்றியிருக்கும் ஒன்பது கோள்களில் பூமியின் கிவக்கு பாதைக்கு உட்புறம் புதன், வெள்ளியினுடைய கிவக்கு பாதைக்கு உட்புறம். கிவயிரு கோள்களும் உட்கோள்கள் (Inferior or Inner planets) எனப்படும். மண்ணுமரிலிருந்து வெளிப் புறம் தங்கள் கிவக்குவழி கொண்டுள்ள மீதி 6 கோள்களும்—செவ்வாய், வியாழன், சனி, உரேனஸ், நெப்டியூன், புளூட்டோ—புறக்கோள்கள் (Superior or Outer planets) எனப்படும். மற்றொரு வகையிலும் கிக் கோள்கள் பிரிக்கப்பட்டு வகுக்கிலிருக்கின்றன. புதனும் வெள்ளியும் ‘பெர்ராக்’ (Terrestrial) கோள்கள் அல்லது ‘பூமிகையப் போன்ற’ (Earth like) கோள்கள் எனவும், மீதி 6 கோள்களும் ‘ஆகிப்பெருங் கோள்கள்’ (Gas giants) அல்லது ‘சதிரவன் போன்ற’ (Sun like)



கோக்கன் எனவும் பாசுபடுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. ஏனெனில், 'டெட்ராசன்' கோக்கனுக்குச் சில பொதுவான தன்மைகளும், 'ஆயிர் பெருங்கோசன்' களுக்குச் சில வேறுபட்ட பொதுவான தன்மைகளும் உண்டு. இவ்வரும் ஒப்பீடுகளைக் காண்க.

'டெட்ராசன்' கோக்கன்	'ஆயிர் பெருங்கோசன்' கள்
<p>1. உருவத்திற் சித்பனவ; ஆயிர் பெருங்கோக்கனின் உப கோக்கன் சில, கிவந்தறையிடப் பெரிதாக உள்வன.</p> <p>2. அழுத்தம் அல்லது அடர்த்தி (density) அதிகம்.</p> <p>3. மண்ணுடைத்திலுள்ள-அடர்த்தியான பொருள்கள், கிரும்கு, சிலிகன் பொருள்களையும், கனமான ஆயிசு, உயிர் வாயு (oxygen), வேடியம் (nitrogen), நீராவி (water vapour), கரியகூட ஆக்சைட் (carbon-dioxide) முதலியன உகின்றன. நீரகம் அல்லது நீர்வாயு (hydrogen) குறைவு. கிமேசான ஆயிசு தப்பித்து வான வெளியில் போய்விடும்.</p> <p>4. ஈர்ப்புச்சக்திச் கனங்கள் (Gravitational fields) வலிமை வந்தவை.</p>	<p>1. உருவத்திற் கிவப் பெரியவை (புளூட்டோ நிக்ஸாக்).</p> <p>2. கிமேசான ஆயியாவானவை; அழுத்தம், அடர்த்தி குறைவு.</p> <p>3. அழுத்தமான பொருள்களே உகின்றன கிம்ஸியோ என்றது றியப் படும் வகையில் வெளும் ஆயிர் பொருள்களாக அமைத்து கிருக்கின்றன. நீரகம், ஹீலியம் அதிகம்.</p> <p>4. ஈர்ப்புச் சக்திச் கனங்கள் வலிமை பெற்றவை. புளூட்டோ மாதிரி மண்ணுடைத்த தன்மைகள் சில பெற்றுள்ளது. கிவளும் புளூட்டோவைப் பத்திய ஆராய்ச்சி நடந்து வருகிறது. கிருப்பினும், கிது கிவளும் ஒரு புதித கோளாகவே உகிறது.</p>



கதிரவன், கோள்கள்பற்றிய சில விவரங்கள்—பட்டியல் 14-II

பெயர்	பேரகசிய பாதை (வானி யக் குறு அச்சு) (Semi- Major axis)	குறி வைப்பு பித்தல்	கிரகத்தின் சமவட்டம் அல்லது அச்சு In tropical years	கதிரவனை சுற்றித் திரை திணித் துகை : விண் மீள் அந்த விண்ட் (Secondary)	உட்கதிரவன் சமவட்டம்— சுழல் (Synodic period)	* ஆகதிமேர் (Albedo)
புதன்	0.387	0.206	0.240	14,732	115.88	5.5%
வெள்ளி	0.723	0.007	0.615	5,768	583.92	59%
மண்டியலம்	1.000	0.017	1.000	8,548	.....	50%
செவ்வெம்	1.523	0.093	1.880	1,887	779.94	15%
விடயசூன்	5.202	0.048	11.862	2.99	398.88	44%
சனி	9.538	0.056	29.457	120	378.09	42%
உரோமன்	19.190	0.007	84.013	42.24	369.06	45%
செவ்வெம்	30.057	0.009	164.793	21.53	367.48	52%
புறப்பேர்	39.517	0.247 0.249 (?)	248-430	14.28	366.73	10 திரிபுரத.

\* ஆகதிமேர் : கதிரவனிலிருந்து வரும் ஒளி ஒரு கோளின்மேல் பட்டு எதிரொளிக்கிறபோது, தான் புறப் ஒளியில் எத்தனை  
விகிதம் எதிரொளிக்கிறதோ, அதன்ை கோளின் ஆகதிமேர் எனப்படும்.

പ്രപഞ്ചത്തിലെ ചന്ദ്രന്മാർ (Satellites of the Planets)—പട്ടിക 14-III

ചന്ദ്രൻ	ചന്ദ്രന്റെ നാമകരണം	ചന്ദ്രൻ	ചന്ദ്രന്റെ നാമകരണം	ചന്ദ്രന്റെ ആദ്യ ദൃശ്യം	ചന്ദ്രന്റെ ആദ്യ ദൃശ്യം	ചന്ദ്രന്റെ ആദ്യ ദൃശ്യം	ചന്ദ്രന്റെ ആദ്യ ദൃശ്യം
വ്യാഴൻ	2	1. ഗാനിമീഡ് (Phobos) 2. ഡയോസ് (Deimos)	A. Hall A. Hall	1877 1877	0.000063 0.000157	2109 1865	2109 1865
ശുക്രൻ	12	1. ഐര (Io) 2. യൂറോപ്പ (Europa) 3. ഗാനിമീഡ് (Ganymede) 4. കലിസ്റ്റോ (Callisto) 5. 12 ചെറിയ ചന്ദ്രന്മാർ	Galileo Galileo Galileo Galileo	1610 1610 1610 1610	0.002819 0.0014.6 0.007156 0.02586	2109 1865 2109 3142	2109 1865 2109 3142
ബുധൻ	9	1. മീനാ (Mimas) 2. എൻസെലാഡസ് (Enceladus) 3. തെറ്റിസ് (Tethys) 4. ഡയോസ് (Dione) 5. റീസ് (Rhea) 6. ടൈറ്റൻ (Titan) 7. ഹൈപ്പറിയോൺ (Hyperion) 8. അപ്പോലോ (Apollon) 9. ഫോബോസ് (Phobos)	W. Herschel W. Herschel D. Cassini D. Cassini D. Cassini W. Bond D. Cassini W. Pickering	1789 1789 1694 1694 1672 1694 1671 1694	0.001260 0.001391 0.001969 0.002522 0.003523 0.008166 0.009893 0.002748 0.006363	370 460 750 900 1150 3550	370 460 750 900 1150 3550
പ്രഭു	5	1. ഫോബ (Ariel) 2. ഉൾഫോബ (Umbriel) 3. ഓ. ഗെസ (Titania) 4. ക്ലൈഡ (Oberon) 5. മിറാൻഡ (Miranda)	W. Lassell W. Lassell W. Herschel W. Herschel G. Kuiper	1851 1851 1787 1787 1948	0.001282 0.001706 0.002930 0.003819 0.008625	500 (B) 260 (B) 600 (B) 500 (B) 100 (B)	500 (B) 260 (B) 600 (B) 500 (B) 100 (B)
ശനി	2	1. ഹൈഡ (Triton) 2. നെപ്ചൂൺ (Neptune)	W. Lassell G. Kuiper	1846 1949	0.002363 0.007255	1846 1949	1846 1949

சதிரவன் குடும்பம்—கோகன்

#### 14-3-1. புதன் (Mercury)

இது சதிரவன் குடும்பத்தில் சதிரவனுக்கு மிக அண்மையில் உள்ள கோள். இதுதான் எல்லாக் கோள்களையும்விட மிக வேகமாகச் சதிரவனைச் சுற்றியரும் கோள். எனவே, இதற்குத் 'தேவ தூதன்' (Messenger of the God) எனப் பெயர் அமைத்ததில் வியப்பில்லை.

புறணுகடைய நீர்வட்டப் பாதையின் குவிமையடி பிறழ்வு 0.24 பட்டியல் II). புறநட்டோ விவக்காச, மந்தையக் கோள்களின் பிறழ்வு களைவிட, புதன் பிறழ்வு அதிகம். எனவே, இதன் அண்மை நிலையிலும் செய்கை நிலையிலும் (i) சதிரவன் நோற்ற வேறுபாடும் (ii) பெரும் வேறுபாடும் மிக அதிகமாக விடுக்கும் ( $550^{\circ}\text{F}$  முதல்  $770^{\circ}\text{F}$  வரை). இது சதிரவனுக்கு மிக அண்மையில் உள்ளதாகி, அதிலாவையிலே மாலைமலையோதான் சிதிலு நேரம் காணமுடியும். அந்நி சத்தி மெல் மொசியில் சரியாகக்கூடத் தெரியாது போய்விடுகிறது. இதன் சுற்றி வளிமண்டலம் ஏதும் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. இதற்கு உபகோள் ஏதாவில்லை. எனவே, இதன் பொருண்மையை அறியது கடினமானது.

\* இதுவரை சதிரவனுக்கு மின்னும் அண்மையில் வேறு கோள் இருப்பதாகத் தெரியவில்லை; இருப்பினும் வியப்பில்லை. மீபந்தை கொஞ்சம் கொஞ்சமாகத்தானே தனது கிரகசியல்களை மாற்றலுக்கு வெளிப்படுத்துகிறது. நெல்வழியை விடக் குறித்த பெதின, புதன் கோள்கூட அருகில் ஒரு கோள் இருக்கலாமென சிலர் தெரிவித்தார். 1840-ஆம் ஆண்டில் லெசர்வாட் (Dr. Leserbauld) அம்மாதிரி ஒரு கோள் கண்டதாகக் கூறி, பெரியரும் ஆமொளித்து, அக்கோளுக்கு வக்கன் (Vulcan) எனப் பெயரும் விட்டாவிற்று. சதிரவனிலிருந்து அதன் தூரம்  $20.8 \times 10^6$  கி. மீ. ( $= 13 \times 10^6$  கைம்) எனவும் கணிக்கப்பட்டு, அதன் விட்டம் 1400 கி. மீ. ( $= 1000$  கைம்) எனவும் தனியு சொல்லப்பட்டது. அதன் மீயக்கு பாதையில், வக்கன் சதிரவனைக் கடக்கும் விடங்களும் நேரங்களும் குறிக்கப்பட்டன. ஆனால், அவ்வாறு குறிக்கப்பட்ட நேரங்களில் ஒரு கோளும் நோக்கப்படவில்லை. அக் கோளும் காணப்படாது. பின்னர் மீத நிலவுக்கிக்கு மீக்கண்டக் கொடுத்த விவக்கன் விக்கனோக் சதிரவன் குடும்பத்திலிருந்தே நீக்கப்பட்டது. ஒரு பெண் அது சதிரவன் கற்பலாக இருத்திருக்கலாம்.

ஆனால், 1968-ஆம் ஆண்டில், ஓர் இந்தியப் பேராசிரியர் ரப்பெல் பெண்டாண்டி (Rashele Bondandi) சதிரவனுக்கும் புறனுக்கும் இடையில் ஒரு கோளிருப்பதாக அறிவித்தார். அது நோவாநோக்கியில் காட்சிக்குத் திகைப்பில்லை. பெண்டம், ஆனால் அதன் மீய்க்கம் சதிரவன் குடும்பத்தில் உள்ள மீய்க்கத்தைப் பாதிப்பதன் அடிப்படையில் அக்கோள் இருப்பது உறுதிப்படுத்தப்படுகிறதென்றும் கூறுகிறார். இதை அவர் 1931-மேயே கண்டதாகவும், மீக் கண்டுபிடிப்பை அப்போது இந்திய விஞ்ஞானக் கழகத்திற்கும் (Italian Academy of Science), பொய்கண்டலுக்கும் (the Vatican) முத்திரையிட்ட உறையிலே அனுப்பி விட்டதாகக் கூறுகிறார். அவருக்கு மீப்போது வயது 78. மின்னும் வானியலறிஞர் உவகன் இதை ஒத்துக்கொண்டதாகத் தெரியவில்லை.

ஏறக்குறைய சத்திரனைப் போல ஒரு கூடுமூடான தரைப் பகுதி பெற்றிருக்கலாமெனத் தெரிகிறது.

சத்திரனைப் பற்றி நாம் கண்டதுபோல, இது தன்னைத்தானே சுற்றியரும் காலமும், அதிரவனைச் சுற்றியரும் காலமும் சமனாயிருக்கிற படியால் ஒரு பாதியட்டும் எப்போதும் நம் பக்கமும், மற்றப் பாதியிரவன் பக்கமும் உள்வர. அதாவது—புதனில் 'ஒரு நாளும்', 'ஒரே ஆண்டும்' ஒன்றே. அதிரவன் பக்கம் உள்வர நுகம் எப்போதும் வெப்பமாகவும் (550°F முதல் 770°F வரை வெப்பநிலை) ஒளி பெற்றதும் உள்வரது; மற்றப் பக்கம் எப்போதும் குளிராகவும் இருட்டாகவும் உள்வரது. புதனுக்கும் சத்திரனைப் போல அகலவுகள் உண்டு.

#### 14-8-2. வென்னி (Venus)

மிக் கோக் உலகில் வந்து மக்களுக்கு மிகப் பழக்கமானதொரு கோக். 'விடி வென்னி' என நடைமுறையில் பேசப்படும் கோளாகியது.

குவினியப் நெற்றி மிகச் சிறியது=007; எனவே, அதன் பேரக்கம் சிற்றக்கம் (Major and Minor axes) 1 : 0-735 என்ற விகிதத்தில் இருக்கும். எனவே, இதன் மிகக்கு பாதை ஏறக்குறைய ஒரு வட்டம். மண்ணுடை விட்டமும் வெளியில் விட்டமும் ஏறக்குறைய சமம். புதனைப்போல் வென்னியையும், நாம் விடியத் தாண்டினால் பொழுது சாய்ந்தவுடனும் கொஞ்ச நேரத்தால் கிழக்கு வானிலே மேற்கு வானிலே காணமுடியும். நன்னிலில் நாம் எப்போதும் வென்னியைக் காணமுடியாது. ஆனாலும், புதனைவிட அதிக நேரமும், இன்னும் சற்று ஏற்றத்திலும் காணலாம். இது எல்லாக் கோக்களையும் விட மிகப் பிரகாசமாகக் காட்சியளிக்கும் பண்பு பெற்றது. அந்த மீட்பெரு பண்புடையுள்ள நகங்களில் நாம் வென்னியைப் பகலில்கூடக் காண இயலும்.

இதன் பாதை ஏறக்குறைய ஒரு வட்டத்தில் அமைவதால், வேகம் ஏறக்குறைய ஒரே சீராகவிருக்கும். இதற்கு உபகோக்கள் ஒன்றுமில்லை யாதலால், இதன் பொருண்மையை இதன் அகலவுகள் கொண்டுதான் கணிக்க முடியும். இதன் சுடர்த்தி ஏறக்குறைய மண்ணுடைததைப் போன்றதே. வென்னியும் மண்ணுடைமும் பிரட்டைக் குறித்ததைக் காண உதவது பொருத்தமாகும்.

வென்னி ஒரு நல்ல வானியலாளர் பெற்றிருக்கிறது. நான் பெறும் அதிரவன் ஒளியில் பெரும் பகுதியை அது எதிரொளிக்கிறது. இதன் எதிரொளி விகிதம் (சூரியோட) மற்ற எல்லாக் கோக்களையும்விட அதிகமானது (பட்டியல் II—மக்கம் 37 காண்க). ஏறக்குறைய 60 சத

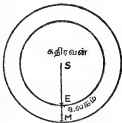
வீதம் எனக் கூறுவர். வெள்ளியைச் சுற்றி ஓர் அடர்த்தியான மூலக் மண்டலம் இருப்பதாக, வெள்ளியின் தரையைப்பற்றி நம்மால் அறியக் தெரிந்து கொள்ள முடியவில்லை; ஒன்றுமே தெரியாதெனச் சொல்லலாம். அது மட்டுமன்று, இதன் விளைவாக வெள்ளி தன்னைத் தானே சுற்றிக்கொள்ளும் காலவட்டம் என்னவென இன்னும் திட்டவாட்டமாகக் கணிக்க முடியவில்லை. 22 மணி நேரம் என்று கணக்கிடுவோரும், 225 நாட்கள் எனக் கணகிப்போரும் உண்டு.

சுதிரன், புதன் கிரகங்கடவுள் போல் வெள்ளியும், சுதிரவனை ஒரு மூலச் சுற்றுச் சுற்றியும் காலத்திற் தன்னைத் தானே ஒரு சுற்று சுற்றிக்கொள்கிறது. ஆகவே, வெள்ளியின் 'ஒரு நாளும்' 'ஓர் ஆண்டும்' சமம்.

#### 14-3-3. செவ்வாய்

உலகத்திற்கு இது மூன்றாம் புறக்கோள். இதன் கிப்பருவழி, மன்னுயலப் பாதைக்கு அப்பாற்பட்டது. சுதிரனுக்கு அடுத்தபடியாக நாம் செவ்வாய் பற்றி அறிய ஆர்வம் காட்டி வருகிறோம். இதன் நீர் வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு சுற்றப் பெரிதான இருப்பதால் (0-013) மன்னுயலத்திற்கு நேர் எதிராக (opposition) இருக்கும் போது (படம் 14-3-3) செவ்வாய் நமக்கு மிக அருகில் வர வாய்ப்பு உண்டு. சாதாரண சூழ்நிலையில் நமக்கு  $56 \times 10^6$  கி.மீ. ( $= 35 \times 10^6$  மைல்) தூரத்தில் செவ்வாய் வரலாம் (படத்தில் EM). இந்த வாய்ப்பு ஏற்படும் போதுதான் மனிதன் செவ்வாய்க் குச் செல்வதைத் திட்டமிடுவான்.

1877-ஆம் ஆண்டில் ஏற்பட்ட கிப்பவுப்பட்ட நேரெதிர் நிலையில் நான் செவ்வாய்க் கிரு துணைக் கோள்களான போலஸ் (Phobos - அசம்) டெய்மஸ் (Deimos - திசம்) என்பவை கண்டுபிடிக்கப்பட்டன. போலஸ் என்பது செவ்வாய்க் கண்கமயில் கிப்பரும் துணைக்கோள்; டெய்மஸ் சேய்கமயில் கிப்பரும் துணைக்கோள். 1878-களின் நேரெதிர் நிலையிலேதான் நாம் சுதிரவனின் புவிமையத் தோற்றப் பிழைகளை நோடியதாக கணிக்கமுடியும்.



செவ்வாய்.

படம் 14-3-3

பேரவாஸ் தனது நாய்க் கோரைச் சுற்றியுரும் வரம்பட்டம் 7 மணி 39 நி.; பெர்வாஸ் சுற்றியுரும் வரம்பட்டம் 39 மணி 18 நி.

செவ்வாயின் வளி மண்டலம், ஒரு நல்ல தட்பவெட்ப நிலைக்குச் சாதகமாக இருக்கக்கூடும். வெவ்வாயைச் சுற்றியிருக்கும் அழுத்தமான ஓங்கி மண்டலம் அக் கோரை மறைப்பதுபோல செவ்வாயைச் சுற்றியுள்ள ஓங்கி மண்டலம் செவ்வாயை மறைக்கலிக்கும். மண்ணுலகிற்கு உட்குறுபோல, செவ்வாய்க்கு இரு துருவப் பகுதிகள் உட்குறு உறைபனி வெவ்வாயை மூடிவிடுவது போலவும் தோத்துகிறது. தற்போது உயிரினம் செவ்வாயில் வாழவில்லைவென வானியல் அறிஞர் பார் அதுதலிட்டுக் கூறிப்போதிலும், அங்கு உயிரினம் வாழக்கூடிய சூழ்நிலை இருக்கலாம் எனச் சிலர் கருதுகின்றனர். இவ்வாறான ஒரு நிலை மற்றெந்தக் கோள்கள் மீதும் இல்லையெனவும் கருதப்படுகிறது. மிக ஆற்றமுடைய தோலைதோக்கி கொண்டு செவ்வாயைப் பார்த்தாக, அது ஒரு சிறிய சிவப்பு-கஞ்சர் கலந்த நிறமுடைய பத்துபோலத் தோத்துகிறது. செவ்வாயில் ஒரு 'துருவக் குக்காய்' (Polar Cap) சாதாரணமாகக் காட்சியளிக்கிறது.

'புளூட்டோ' கோரை மிகக்குதிரை உதவிய கருத்துகளை அறிவித்த பெர்லுவைக் லோவல் (Perceval Lowell, 1855-1916) செவ்வாய் ஆராய்ச்சியில் பெரிதும் ஈடுபாடு ஈட்டினார். அவர் செவ்வாயில் திரோடும் வாய்க்கால்கள் பல உட்குறு வெவ்வாய், அங்குப் பவிர்த்தொழில் செய்யும் ஒரு புதிய நாகரிகத்தைவுடைய மக்கள் வாழ்வா வெவ்வாய் கருத்தறிவித்தார். 'செவ்வாயும் அதன் வாய்க்கால்களும்' (Mars and its Canals) என்ற தூதும் 'செவ்வாய், உயிரினம் வாழிடம்' (Mars as the abode of life) எனவும் இரு தூத்கள் எழுதியுள்ளார். அவருடைய கருத்துகளுக்குக் கனம் எதிர்ப்பு இருந்த போதும், செவ்வாயைப்பற்றிய ஆராய்ச்சியில் பெரிய திருணர் என்ற பெருமை அவருக்குண்டு.

1965-ஆம் ஆண்டில் அமெரிக்கா ஏவிய மீன்வெளிக் கப்பல் மாரினர் IV (Mariner IV) செவ்வாய்க்கு மிக அண்மையில் சென்று (13,000 கி.மீ. தூரம்) தோடியாகச் செவ்வாயைப் படக்கல் சேர்த்துவந்ததுதான் கிப்போது நமக்குச் செவ்வாயைப்பற்றிய புதுத் தகவல்கள் கொடுத்திருக்கின்றன. அக் கப்பல் செவ்வாய்க்குப் பின்புறம் சென்றிருந்தபோது அதுப்போய் ரேடியோச் செப்திகள்-கதிரியக்கல் குறிப்புகள் (radio signals) செவ்வாயின் வளி மண்டலத்தின் மிகமிக ஆழமான பகுதிகள் வழியாக வரும்போது, வானொலி அலைகள் மல்கின (radio waves faded). இதுகொண்டு, செவ்வாயின் வளி மண்டலம் அழுத்தம், பூமியின் அழுத்தத்தில் 1 சதவீதம்மீதானிருக்க ஓடியுமென திருணர்கல் கருத்துக் கூறினர். அவ்வளவு கிமெளன வளி மண்டலத்தில் உலகில்



வாழ் உயிரினங்கள் வாழ்வதற்குரிய சூழ்நிலை கிருக்க முடியாது என்ற முடியுக்கு வந்தனர். அவ்வளவு கிரேசான வளி மண்டலத்தின் முழுக்க முழுக்க உயிர் வாய் கிரும்பினும், உலக உயிர்கள் அங்கு வாழமுடியாது. மேலும், உயிர்வாய் செவ்வாயின் மேலிலை; கிரும்பினும், அது உலக உயிர்கள் வாழக் கூடாது.

மாரினர் IV மேலும் கண்டவை: செவ்வாயின் தரைவிக் சத்திரன் தரைவிகுண்டுகளால் பவ பன்னம் படுகுழிகள் உருவான; 5 கி.மீ. முதல் 120 கி.மீ. வரை விட்டமுள்ள குழிகள் உருவான. கிது சென்னு வானியல் அறிஞர்கள், செவ்வாயின் ஏறக்குறைய 10,000 சிறிய, பெரிய குழிகளும் பள்ளங்களும் கிருக்கலாமென ஊகிக்கின்றனர்.

செவ்வாய் பற்றி மனிதன் வெகு காலமாகத் தனது ஆழ்ந்த வணதகைச் செய்தி வந்திருக்கிறது. அப்படிப் பல கோடித் தண்ட வான ஆண்டுக்கு ஒரு ஒரு செவ்விய நாளில் கிருத்திருக்கலாம் எனவும், எத்தனையோ நாள்களில் தோன்றி வந்திருந்த உச்ச நிலை பெற்று, மின்னல் தாழ்த்து அழிந்து போனதைப்போல, அத்தாவிடலும் செவ்வாயின் மண்ணெழு மண்ணால் நடைத்திருக்கலாமெனவும் ஒரு சிலர் தம்புகின்றனர். செவ்வாயைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி, அதில் ஃபுபுடு கோருக்கு ஒரு பெரிய தகைக் கருவியும், சமீப வானியல் அறிஞர் கிளாஸ்கி (Sklovsky) கித்தச் சாதியில் ஒரு பெரிஞராவார்.

#### 14-3-4. வியாழன்

செவ்வாய்விதும் கிது பெரிய கோள். மிக குகிரமான செவ்விகை வும் வரவாறுவையும் தன்னகத்தே கொண்டுள்ளது.

பற்ற எல்லாக் கோக்கள் கண்டவும் சேர்த்துக் கூட்டிய கண்டவைய விட, கித் கோவின் கண்ட அதிலும். கிதன் காரவிட்டம் பூமியின் விட்டத்தைப்போல 11 மடக்கு; பருமம் பூமியின் விட்டத்தைப் போல 1321 மடக்கு. கிது பொன்னகை (hollow) கிருத்தாக், எல்லாக் கோக்கிலையும் கிதுண்டினே போட்டு திரும்பினும் மேலும் காலி கிட கிருக்கும். கிது தன்னத்தானே கத்தி வரும் காலவிட்டம் 9 மணி 55 நிமிடம். ஆகவே, கிதன் தடுவாரையிலே உருவ ஒரு புள்ளி விழுதுக்கு ஏறக்குறைய 112 கி.மீ. (70 மைல்) வேகத்தில் சுழல்கிறது. (உலகச் சுழற்சி விழுதுக்கு ஏறக்குறைய 0-45 கி.மீ.)

கிதற்குப் பன்னிரண்டு துணைக் கோக்கள் உருவான. அவை பற்றிய விவரங்கள் பட்டியல் 14-III (பக்கம் 38-4) காண்க. கிவத்திக் தகவிலை சாதாரணத் தொலைதோக்கி கொண்டே காணலாம். முதல் முதலாக, உலகம் பொத்தும் வானியல் நத்தை கலிலியோ (Galileo) தாமே

செய்ததொரு தொண்டோக்கி கொண்டு 1610-ஆம் ஆண்டில் இந்த நான்கு துணைக் கோள்களைக் கண்டு அறிவித்தார். (அத் தொண்டோக்கி அவர் செய்த நித்தாவது தொண்டோக்கியாகும்.) பெயரிடப்படாத நித்தாவது துணைக் கோள் வினாடிக்கு 27 கி.மீ. (16-7 கைக்) வேகத்தில் செங்கிதது. அதாவது குடும்பத்தில் கிததான் விச வேகமாகச் சுற்றும் துணைக் கோளாகும். முதல் கித்து துணைக் கோள்கள் ஏதக்குறைய வட்டப் பாதையில் கிப்பங்கிந்தன. மற்றவை கிப்பக்கு வளி நீக் வட்டக் களாகும்; அவற்றிற் குவிக்கையப் பிறவுகளும் அதிசம் (0-16, 0-20, 0-38, 0-25, 0-14, 0-21, ...). கிதிக் 8-ஆவது, 11-ஆவது துணைக் கோள்கள் திப்பிக்கு மாறுச (வளங்குறியாக), கிழக்கிக்குத்து மேற்காகச் சுழங்கின்றன; கிது வானியல்கத்தில் ஒரு முரண்பாடெனக் கண்க.

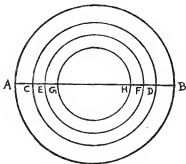
கிபாழனிக் வானி வண்டலத்தில் நீர்வாயுவும் தீர்வியமும் கிழுதிப்பென கிப்பெட்டாக்கிசைப் சோதனைகளும் மற்றச் சோதனைகளும் ஒருக்கே கூறுகின்றன. கிபாழனிக் உகன் ஒரு முக்கியப் பகுதி 'பெரிய கிவப்புக் கை' (The Great Red Spot). 1878-ஆம் ஆண்டில்நான் கிது முதலிக் கனிதன் கட்டிக்கெட்டியது. கப்போது அது தீர்வட்ட வடிவத்தில் 43,000 கி.மீ. (30,000 கைக்) நீளமும், 24,000 கி.மீ. (15,000 கைக்) உயரமும் கிழுத்ததாகக் கூறப்படுகிறது. திறம் செம் கஞ்சக். கிது முதலிக் திசைத்திருத்து, கிபாழனெரு கூடவே சுற்றி வந்ததாகவும், கிசைத் திறமத்தம் பெத்து, சுற்றுப் கெதங்கிச் சுற்றுவதாகவும் கணப்பட்டதெனக் கூறுகின்றனர். கிப் கெதங்கிச், காலம் செம்மச் செம்ம கிழுதிபுகிறதெனவும் கூறுகின்றனர். ஆனாக், கிது கிசுளும் ஒரு பெரும் புதிர்கவையதன் கிழுக்கிறது.

சோடியோ வானியல் கழியாக கிபாழனைப் பற்றிய ஆராய்ச்சிகள் வேறபல உண்மையகிசைத் தெரிவிக்கின்றன. கிது தனிச் சிறப்புப் பகுதியாகும்.

#### 14-3-5. கனி: கதிரவன் குடும்ப அணிதவன் (The Jewel of the Solar System)

கிது ஓர் எழிக் வார்த்த கோள். வெறும் கன் கொண்டு கன் போருக்கு கிவ்வெழிக் தெரியவாது. ஆனாக், தொண்டோக்கி கொண்டு கணிக், கிதன் தனிச் சிறப்புத் தெரியும். கிதைச் சுற்றித் தங்கையமான ஒளி வட்டங்கக் கணற்பெறும். முதலிக் கிவ்வெளி வணியங்கக் வான் கட்டியானனை கிப்பகிக் ஆழ்த்திப்பதிவிருத்து, கின்று வகை கப்போதுமே கிவ்வெளி வணியங்ககிசை கனிதன், தொண்டோக்கிகக் கொண்டு சோதனை செய்துகொண்டெடுகுகிறன். எக் கிழுத்து கிவ்வெளி வணியங்கக் வகுகின்றன என்று கிசுளும் அவனாக் திட்டமாகக் கூறமுடியகிசும்.

தொலைதோக்கி வழியாகப் பார்த்தால் மூன்று அழகிய ஒரு மைய வட்டங்களாக (concentric circles) அந்த நகை வளைவுகள் தங்களுக்கு அட்சியுயிக்கின்றன; யாவும் கனியின் நடுவகாத் தளத்திலேயே அமைத்திருக்கின்றன மொத்த தெரிவித்து. மிகவும் (1) புறவளையம், (2) பளபளப்பான வளையம், (3) கரு வளையம் (outer, bright, crepe rings). சூரியவன் தோக்கின் நீள்வட்டம் போலத் தோன்றும். இம் மூன்று வளையங்களின் அகலங்கள் பின்வருமாறு: படம் 14-3-5 பார்க்க.



படம் 14-3-5

EG கரு வளையம் : அகலம் : 18,400 கி.மீ. [11,500 கைம் (EG)]

CE பளபளப்பு வளையம் : அகலம் : 25,600 கி.மீ. [16,000 கைம் (CE)]

AC புற வளையம் : அகலம் : 16,000 கி.மீ. [10,000 கைம் (AC)]

இம் வளைய அமைப்பின் விட்டம்  $AB=2,73,600$  கி.மீ. (1,71,000 கைம்). இந்த அளவுகள் திட்டமானவைகளாக; வேறுவேறு வானியல் அறிஞர்கள் தங்கள் கண்ட வேறுவேறு அளவுகளைக் கொடுக்கின்றனர். இம் வளைவுகளின் அகலமாக உக்ளன்வேயொழிய கிவந்திக்கு அதிக உயரம் அல்லது மொத்தம் (thickness) இல்லை. உயரம் 16 கி.மீ. முதல் 100 கி.மீ. வரை வதுவேளும் இருக்கலாமென்று மட்டுமே தம்மால் கூறமுடியும். உயரம் குறைவாக இருப்பதால் இம் வளைவுகளைக் காண்பதற்குச் சாதகமான சூழ்நிலை தேவை.

கிளியோபக்ஸ்களும் தொடர்ச்சி பெற்றவைகளாக. பட்டை பட்டைகளாகப் (bands) பிரிந்திருக்கின்றன. மேலும், கிளியோபக்ஸ்களோனோடு ஒட்டிக் கொண்டிருப்பதாலும் தெரியவில்லை. ஏனெனில், கிளியோபக்ஸ்களில் உட்பகுதியில் வேகமாகவும், வெளிப்பகுதியில் சிதறுகின்றனவே தவிர தாங்கோலோக்கற்றியவருகின்றன எனத் தெரிகிறது. கிளோசர் உருவானபோது, கிளோசு சுற்றி வரும் வகையில் உருவாகிய ஒரு துணைக்கோசு, தாங்கோலுக்கு அண்மையில் வந்து, தாங்கோலின் சுப்பு வலிமையால் சிதறுண்டு போயிருக்கலாமென ஒரு கொள்கையுண்டு. ரோஷ் (Roach) வகுத்த கிள்கொள்கையின்படி, இந்த கிளியோசுக் சுற்றுக்கொள்கை. கிதற்றிய சான்றுகள் மிகுபடுமும், கிள்கொள்கை கிளியோசு மூலமும் சுற்றுக்கொள்கைப்படவில்லை.

சுனிக் கோலுக்கு ஒன்பது துணைக்கோசுக்கள் இருக்கின்றன. பத்தாவது துணைக்கோசு ஒன்று 1905-ஆம் ஆண்டில் அதிர்ஷ்ட சிக்ஸிங் (Flockering) எனப்பலாக் அறிவிக்கப்பட்டது. தேயிஸ் (Thomais) என அந்தக்குப் பெயர் சூட்டப்பட்டது. அது தாங்கோலோக்கற்றியவரும் காலவட்டம் 20 நாள் 20-4 மணி. ஆனால், கிது ஒரு சிறிய மல்களான துணைக்கோசு. கிளியோசு கிது சுனியின் துணைக்கோசு குடும்பத்தில் சேர்த்துக்கொள்ளப்படவில்லை. ரோஷோ வானியலார்க்கு, சுனிக் ஒரு பெரிய தவிர்க்க முடியாத புதிர்.

#### 14-8-6. உரோசு

ஹெர்ஷல் (Herschel) எனப்பலாக் கிளியோசு பொருள் 1781-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு மாதம் 13-ஆம் தேதி கிடைக்கப்பட்டது. முதலில் கிது ஒரு வாக் கிளியோசு எனக் கருதப்பட்டது. கிதறு மாதங்களுக்குப் பின்பு லாப்லாஸ் (Laplace) கணித்த முறைப்படி அது ஒரு கோளென உருநிப்படுத்தப்பட்டது. ஹெர்ஷல் கிளியோசு பொருளைப் பார்த்த தற்கு முன்னரேயே, கிதுபது நடகவக்குமேல் கிப் பொருள் வானியல் ஆராய்ச்சியாளர்கள் கண்ணுக்குத் தென்பட்டிருக்கிறது. அப்போதேமேளம் அது ஒரு வாக் கிளியோசு என கிடுக்கப்பட்டது. மற்ற கிளியோசுக் பட்டியல் I-I, II, III (பக்கம் 36, 37, 38) காண்க.

கிதன் தட்பநிலை—125°C எனக் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. —212°C-க்குக் குறைபடாமலிருக்கலாம்.

கிதற்கு கிதறு துணைக்கோசுக்கள் உண்டு. [பட்டியல் I-I-III (பக்கம் 36-38) காண்க.] கிவத்தில் முதல் நான்கு துணைக்கோசுக்களில் கிவக்கு பாகதகன் ஏறக்குறைய வட்டவடிவமுடையவை. தாங்கோசுக் சுற்றும் தளத்திற்கு 82° சாய்வுள்ள தளத்தில் அவை தாங்கோலோக்கற்றியுக்கின்றன. கிவவ வலங்குழியாக, அதாவது கிடுக்கிடுக்குத் தோகோசுக் சுற்றியுக்கின்றன.

#### 14-3-7. நெப்டியூன்

உரோமன் என்னு முன் கூறப்பட்ட கோளின் திவங்கு வழியில் ஏற்பட்ட சிக்கல்களைத் தவிர்ப்பதற்காகச் செய்யத் தூராய்ச்சியாளர் பலனுதர்தரன் நெப்டியூன் கிடைக்குதிக்ஃபட்டு, திரவன் குடும்பத்தில் சேர்க்கப்பட்டது. புறக்கட்சியில் இது ஒரு மங்கலான பச்சைப் புகழ்பாக்கியை ஃபட்சியனிக்ஃதது. கெரெஸ்தும் கிதைப்பற்றி அதிய முடியனிக்ஃ.

உரோமனும் நெப்டியூனும் திரவன் குடும்பத்தில் உள்ள ஃபெண்டு ஃபைவ்மென் (dwarf-planets) ஒருவர் கெல்க்கைவாகக் கூறுகிறார். சூனும், கிவை கிஃப் பெரிய சூனிக்ஃகோனக் கோக்கள் (gas-giants). கிவைரோனும் திரவனியிருத்து மிக அதியவான தூரத்தியிருப்பதாக, கிவைஃபெப்பற்றித் தனிக்ஃ சிறப்புக்க கிஃனும் ஃபைமுடியனிக்ஃ.

நெப்டியூனுக்கு கிரெண்டு துணைக்கோக்கள் உண்டு. தாய்க்ஃகோக் கிடைக்குறித்த (1846) ஒரு மாதத்தியேவே முதல் துணைக்கோக் (Triton) ஃபெண்டுஃகெஃபட்டது. கிரெண்டாவது துணைக்கோக் 1949-கும் சூனடிஃகோக் கிடைக்குறிக்கப்பட்டது. இது மிஃவும் மங்கலானது; பெசு நெரெய்ட் (Nereid). [கிரெக்க புராணங்களில் (Lagomies) கிரெடக்ககும் நெரெய்ட்ககும், நெப்டியூன் கதற உதர் உடயுனுக்குத் தாதிப் பெண்கள் ஃபைப்படுகிறார்.] கிரெண்டாவது துணைக் கோக் தாய்க்ஃகோளினிக்ஃது  $35^{\circ} \times 143^{\circ} 5' \times 10^4$  கி. மீட்டர்க்ஃ தூரத்தில் உஃனது. இத் தூரத்தகக் கத்பனை-ஃபெந்து பாத்க.

#### 14-3-8. புளுட்டோ

உரோமன், நெப்டியூன் கதற கோக்கள் ஃபெனிக்ஃபட்ட பாதையி ஃபிக்ஃதும் சிதிது சிதிது பிறஃப்த்து பிறஃப்த்து, வானியக் தூராய்ச்சியாளர் கிஃத் திகைக்கைவத்தயடியாக, நெப்டியூனுக்கு அப்பாதும் கதாவது ஒரு பெருக்கோக் கித்தப் பிறட்சிகனுக்குக் கரணமாயிருக்கவாமென் ஃபைப்பட்டு, அக்கோகித் தோடும் படலம் சூரம்பமாயிற்று. பெர்சியாக் கோவதும் பிக்ஃபிக்ஃதும் கிதுபற்றிய சூராய்ச்சியக் ஃபெய்த நோடக் கிஃத். 1915-கும் சூனடி, பெர்சியாக் கோவம் (Perceval Lowell) கோளியிட்ட ஒரு தூனிக்ஃ (Memoirs on a Trans-Neptunian planet) நெப்டியூனுக்கப்பாக் ஒரு திரவன் குடும்பக்கோக் கிருக்க கெண்டுமெனத் திட்டஃபட்டமாக் கூறினார். 1916-க் அஃ மகரவுக்ஃபும் பிக்ஃ, அஃ மகரவக் கிஃபுத் (Slipher) தோடரித்து அக் கோக் கிடைக்குறிக்க முயற்சி ஃபெந்துவத்தார். கைட்சியாக் அக் கோக் அரிசோனா வானியக் தூராய்ச்சிக்கடத்தில் ஃபைஃபி 1930-க் மிதுள மண்டலத்தில் (Constellation Gemini) டாய்பாக் (Tombaugh) கதற ஃபட்சியானர் பர்கவக்குத் சிக்கியது. 1930, மாத்க

13-ஆம் நேதி கிரைபர் அக் கோக் கிருப்பதை உறுதி செய்து உலக விரிவு அறிவித்தார்.

அக் கோக் ஒரு சிதிது ஏமாற்றத்தையே உண்டுபண்ணியது. வேலர் ஊசித்தது ஒரு மிகப் பெரிய ஆயிரக்கட்டுக் கோக்—உரோனஸ், நெப்ஷியன் அளவில். ஆனால், இக்கோக் அளவில் சிதியது; 6100 கி.மீ. விட்டமுடையது; செவ்வாயைவிட அளவிலும் எடைவிலும் சிதியது. வெகுதூரத்திலிருப்பதால், கதிரவனைச் சுற்றியதும் காலவட்டம் 248 ஆண்டுகள். Percival Lowell என்ற பெயரிடங்கள் P, L என்ற முதல் எழுத்துகளைக்கொண்டும், அதை நேரடியாகத் தொலைநோக்கியில் பிடித்த Tombaugh என்பவரின் பெயரில் உட்கள் T, O என்ற எழுத்துகளைக் கொண்டும் PLUTO எனப் பெயரிடப்பட்டது.

இக் கோகைப்பற்றி நமக்கு அதிகமாகத் தெரியாது. தெரிந்த விவரங்களுக்குப் பட்டியல் 14-I, II, III (பக்கம் 36, 37, 38-ல்) காண்க.

14-3-3. புளுட்டோவுக்கு அப்பால் : சில கையிடமான வானியல் அதிர்வுகள், புளுட்டோவை கோவினத்தின்கீழே ஒதுக்கி வைத்தவிட்டு, கியாழன், சனி, உரோனஸ், நெப்ஷியன் போன்ற ஒரு மிகப் பெரிய கோகை, புளுட்டோவுக்கு அப்பால் திள்ளும் தேடித் கொண்டிருக்கின்றனர். போட்டோடியல் விதிவின் உண்மை உரோனஸ் தூரத்தோடு முடிந்துவிடுகிறது. அதற்கப்பால் உட்கள் நெப்ஷியனும் புளுட்டோவும் விதிக்கு முன்படுகின்றன.

வானியல் அலகில்

கோக்	போட் விதர்ப்படி தூரம்	சரியான தூரம்
நெப்ஷியன்	38.6	39.07
புளுட்டோ	77.2	35.50
பத்தாவது கோக் (கிரைபரின்)	154.0	11

எனவே, நெப்பலாத பெரிய கோக் ஒன்று கிடுக்குமாளாக, அது 77.2 வானியல் அளவு தூரத்தில் கிடுக்கலாக. ஆனால், போட்டோடியல் விதிக்கு ஓர் அடிப்படையான வானியல் காரணமே கணிதக் காரணமே இல்லை. ஏனோ ஒரு பொருத்தம்தானேயொழிய அது திட்டமான கணித ரீதியான விதியானது. ஒன்று மட்டும் தெரிகிறது, அதாவது கோக்கின் தூரங்கள் ஏதாக்குறைய ஒரு பெருக்குத் தொடரிக் உட்களின் எட்பதுதான்.

## 15. கோள்களின் இயக்கங்கள்— சார்ந்த வானியல் தொடர்புகள் (The Motion of the Planets— Related Astronomical Facts)

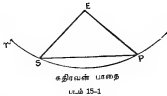
15-0. சென்ற பகுதி 14-ல் கோள்களைப்பற்றிப் பொதுவான செய்திகளைப் பார்த்தோம். அவை யாவும் கதிரவனைச் சுற்றிக் சென்ற விதிக்கேற்படி, நம்மம் காலவட்டத்தில் கிடைக்கி வருகின்றன. அப்படி கிடைக்கி வரும்போது, மண்ணுலகில் உட்குள நமக்கு, அம்மியளக்கங்கள் எவ்வாறு அமைந்துள்ளனவென்ப பார்ப்போம்.

பெய்தரின் மூலக் விதிப்படி, கோள்களின் விண்மெளியப் பாதைகள் நீள்வட்டங்களெனினும், பெரும்பாலான கோள்கள் கிடைக்கும் நீள் வட்டப் பாதைகளின் குவிமையப் பிறழ்வு மிகச் சிறியதாயிருப்பதால், ஏதேனும் ஒரு அப் பாதைகள் கதிரவன் சுமையுடனொன்று ஒரு மைய (concentric) வட்டங்களெனக் கொள்ளலாம். அப்படிச் செண்டாக், அவை கதிரவனைச் சுற்றித் தந்தம் காலவட்டங்களில் சீரான கோண வேகத்துடனும், நெட்டு வேகத்துடனும் செல்லுகின்றன எனக் கொள்ள மிகியுக்கிறது. மேலும் அப் பாதைகள் மண்ணுலகம் கதிரவனைச் சுற்றியதும் பாதைக்குச் சிறிதளவு மட்டுமே சாய்ந்திருப்பதால் (4 ஐட்டோ தீக்லாசு) எல்லாக் கோள்களின் பாதைகளும் ஒரே தளத்தில் அமைந்துள்ளன எனக்கொண்டு மேலே செல்வோம்.

பின்னதாகக் கூறப்பட்ட அடிப்படையிலே கதிரவனின் (தோற்றப்) பாதைத் தளத்திலேயே, கோள்களின் தோற்றப் பாதையும் அமையும். எனவே, மண்ணுலகத்திலுள்ள காட்சிபாணனுக்கு, அவனது வானக் கோளத்தின்மேல் (விண்மீன்கள் பின்னணிப்பில்) கதிரவன் பாதையும், கோள்களின் பாதைகளும் ஒன்றேயாம். (மூன்று வானக் கோளத்தின் மேல் சுற்றிவரும் பாதை, ஏதேனும் ஒரு கதிரவன் பாதையோடு ஒருங்கி யிருக்கிறது எனக்கொண்டது கவனமிகுக்கலாம்.)

15-1. கோள்களின் நீட்சி (Elongation of planets):  
 ‘சுத்திரன்’ என்ற பகுதியில் சுத்திர அமைத்தினின்று ‘சுதிரவன்—  
 மண்ணுடை நீட்சி’ எனவெகிலும், மண்ணுடை அமைத்தினின்று  
 ‘சுதிரவன்—சுத்திரன் நீட்சி’ எனவெகிலும் கூறினோம்.

பொதுவாக  $S$ ,  $E$ ,  $P$  முறையே சுதிரவன், மண்ணுடை, கோள்கள்  
 குறிக்குமானால், படம் 15-1-ல் படி  $LESP$  என்பது மண்ணுடைசுத்திர



விருத்து சுதிரவன்—கோள் நீட்சி (the elongation of the planet  
 from the sun as seen from the earth) எனப்படும். அப்போதே,  
 $LESP$  என்பது சுதிரவனிலிருந்து மண்ணுடைக் கோள் நீட்சியெனவும்,  
 $LSP$  என்பது கோளிலிருந்து சுதிரவன்—மண்ணுடை நீட்சியெனவும்  
 கவரப்படக்கூடும்.  $P$  என்ற கோளும் சுதிரவன் பாகையிலேயே  
 செங்கிறதென்ற அடிப்படையில்,

$$\begin{aligned} \text{மண்ணுடையிருந்து சுதிரவன் கோள் நீட்சி} &= \angle SEP \\ &= \text{அக } SP \\ &(\text{சுதிரவன் பாகையின் அக}) \end{aligned}$$

$r$  மேல் முதல் புகளியைக் குறிக்குமானால்,  $rS$ =சுதிரவன் வான  
 நெட்டாக்கு,  $rP$ =கோளின் வான நெட்டாக்கு. எனவே,

$$\begin{aligned} \text{நீட்சி} &= \text{அக } SP \\ &= rP - rS \\ &= \text{கோளின் வான நெட்டாக்கு} \\ &\quad - \text{சுதிரவன் வான நெட்டாக்கு.} \end{aligned}$$

சுதிரவனுக்குக் கிழக்கே கோள் இருக்குமாயின் கிழக்கு நீட்சி  
 எனவும், மேற்கே இருக்குமாயின் மேற்கு நீட்சி எனவும் சொல்வது  
 மரபு.



15-2. 'சந்திரன்' பகுதியில் வரையறுத்தனது, சந்திரன்—கோக் நீட்சி முக்கியமாக, கோக் இரண் துலையிலிருக்கிறதெனவும், நீட்சி  $180^\circ$  ஆகில், கோக் நேரேதிர் துலையில் இருக்கிறதெனவும் கூறப்படும். எனவே, சந்திரன் தொடர்புகளும் கோக் தொடர்புகளும் சமமாகில் துலையிலே போனவும், அதை  $180^\circ$  வேறுபாடு பெதிர் நேரேதிர் துலையெனவும் கூறலாம். 'சந்திரன்' பகுதியில் திறவிய படிவே, கோக்கின் சிறையையு  $\frac{1}{2} (1+000 EPS)$  என திறவலாம்.

$$EPS = 0^\circ \text{ ஆனால், சிறையையு } 1 \text{ (முழுமை)}$$

$$EPS = 180^\circ \text{ ஆனால், சிறையையு } 0 \text{ (இல்லை)}$$

### 15-3. கோக்கின் கோண, நெட்டு வேகங்கள்

ஏதாவொரு வேளை எடுத்துக்கொண்டால், அதற்கு ஒரு சீரான கோண வேகமுண்டு; அக் கோண வேகத்தைப்பொட்டி அதன் வட்டப் பாதையில் ஒரு நெட்டு வேகமும் உண்டு. (இவ்வுரு பாதைகள் வட்டங்கள்.)

$\alpha_1$  ஆரமுடைய வட்டப் பாதையில் சந்திரனைச் சுற்றிவரும் ஒரு கோக்கின் ஊவ்வட்டம்  $T_1$  எனக் கொண்டால், அதன் சீரான கோண வேகம்  $\omega_1 = \frac{2\pi}{T_1}$  ஆகையால்; எனவே, அதன் சீரான நெட்டு வேகம்

$$v_1 = \alpha_1 \times \frac{2\pi}{T_1}$$

அவ்வாறே  $\alpha_2$  ஆரமுடைய வட்டப் பாதையில் சந்திரனைச் சுற்றிவரும் மற்றொரு கோக்கின் ஊவ்வட்டம்  $T_2$  எனக் கொண்டால் அதன் சீரான கோண வேகம்  $\omega_2 = \frac{2\pi}{T_2}$  ஆகையால்; அதன் சீரான நெட்டு வேகம்

$$v_2 = \alpha_2 \times \frac{2\pi}{T_2}$$

கோக்கின் மூன்றாம் விதிப்படி  $\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{\alpha_1^3}{\alpha_2^3}$

எனவே,  $\alpha_2 > \alpha_1$  எனக் கொண்டால்,  $T_2 > T_1$  எனத் தெரிகிறது.

$$\begin{aligned} \therefore \frac{\omega_1}{\omega_2} &= \frac{T_2^2}{T_1^2} \\ &= \frac{(\alpha_2)^{3/2}}{(\alpha_1)^{3/2}} \\ &> 1 \quad (\because \alpha_2 > \alpha_1) \end{aligned}$$

$$\therefore \omega_1 > \omega_2$$

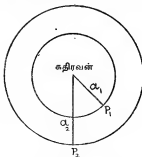
(1)

$$\begin{aligned}
 \text{மேலும், } \frac{v_2}{v_1} &= \frac{a_1 \cdot 2\pi}{T_1} \times \frac{T_2}{a_2 \cdot 2\pi} \\
 &= \frac{a_1}{a_2} \cdot \frac{T_2}{T_1} \\
 &= \frac{a_1}{a_2} \left( \frac{a_2}{a_1} \right)^{3/2} \\
 &= \frac{\sqrt{a_2}}{\sqrt{a_1}} \\
 &> 1
 \end{aligned}$$

$$\therefore v_1 > v_2 \quad (2)$$

(1), (2) க்கு முடிவுகளிலிருந்து நாம் அதிவது காண்கிற,

‘கதிரவனுக்கு அண்மையிலுள்ள கோளின் கோண வேகமும் நெட்டு வேகமும், சமீபமையிலுள்ள கோளின் கோண வேகம், நெட்டு வேகத்தையும், அதிவமானது’ எடுத்துக்காட்டாக, புதனின் கோண, நெட்டு வேகங்கள், செவ்வாயின் கோண, நெட்டு வேகங்களையும்



படம் 15-3 கதிரவர்

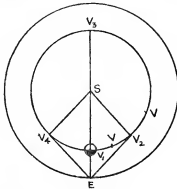
அதிவம். (புதனையும் அண்மையில் ஒரு கோல் கிருகிருமாரும் அதன் கோண, நெட்டு வேகங்கள், புதனின் கோண, நெட்டு வேகங்களையும் அதிவமாக கிருகிருமும்.)

படம் 15-3-ன்படி  $P_1$  என்ற கோளின் கோண, நெட்டு வேகங்கள்,  $P_2$  என்ற கோளின் கோண, நெட்டு வேகங்களையிட மிகுதியானது.

உட்கோக்கள், புறக்கோக்கள் என இருவகையாகக் கோக்கள் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றனவென நாம் அறிவோம்.

மூலையில் உட்கோக் ஒன்றின் இயக்கப் பாதையில் உண்டாகும் விளைவுகள் நமக்கு எப்படித் தோற்றமளிக்கின்றனவென்ப பார்ப்போம்.

15-4-1. உட்கோளின் நீட்சி, நெறுகளின் மாறுதல்கள்  
(The change in the elongation and phase of an inferior planet)



படம் 15-4-1

கதிரவன்  $SE$  கையங்கொண்ட, ஒரு கைய வட்டத்தை மீரண்டு படம் 15-4-1-ல் காண்க.  $S$  என்பது கதிரவன் திண்ம, உச்சவட்டம் ஓர் உட்கோளின் வட்டப்பாதை. அதை நாம் வெள்ளியின் பாதையெனக் கொள்வோம். (அதனால் பொதுத்தன்மை மாறுது.) வெள்ளியட்டம் மண்ணுயலின் பாதை. வெள்ளி தனது பாதையில் இயங்கிவரும்போது ஒரு கையத்தில் கதிரவனாகும் மண்ணுயலிற்கும் நேர் இடையில் வந்தமைவும், அப்பாதைய வெள்ளியின் திசையை  $V_1$  எனக்கொள்வோம். இப்போது கதிரவன்  $S$ , வெள்ளி  $V_1$ , மண்ணுயலும்  $E$  மூன்றும் ஒரே நேர் கோட்டில் அமைந்துள்ளன. இது வெள்ளியின் கிணைநிலை;

அப்போது நீட்சி  $SEV_1$  பூச்சியமாகும்.  $\omega_1, \omega_2$  என்பவை முறையாக வெக்டர், மண்ணுலகம் திரைமுகம் கோண வேகங்களான கோண்டாக் மண்ணுலகத்திட வெக்டர் சுதிரவனுக்கு அளக்கையில் இருப்பதன் விளைவாக வெக்டரின் கோண வேகம் மண்ணுலகத்தின் கோண வேகத்தைவிட அதிகமாகும். எனவே, மண்ணுலகப்பொட்டி வெக்டரின் சுதீபுக் கோண வேகம்  $\omega_1 - \omega_2$ .  $SEB$  ஒரு நிலைத் கோண்டாக் கோண்டாக்,  $SV_1$ -ன் சுதீபுக் கோண வேகம்  $\omega_1 - \omega_2$ . கோண்டாக் கிடஞ்சுழியாகக் கற்றுவதால்  $SEB$  ஓட்டி,  $SV_1$  என்ற திசைக்கோடு  $\omega_1 - \omega_2$  என்ற சுதீபுக் கோண வேகத்தில் கிடஞ்சுழியாகக் கற்றுவது பொருத் தோன்றும்.

$V_1$  என்ற நிலையில் வெக்டரிலிருக்கும்பொழுது சுதிரவனுள் படாத பாதிக் கோணம் மண்ணுலகிக் பக்கம் திரும்பியுள்ளது. எனவே, அக் கையத்தில் கோன் வெக்டரின் பிறை பூச்சியமாகும்.

$$(\text{பிறை} = \frac{1 + \cos EV_1 S}{2} = \frac{1 + \cos 180}{2} = 0).$$

உகவட்டத்திற்கு  $E$ -லிருந்து  $EV_2, EV_4$  என்ற இரு தொடுவரைகள் வரவோம். வெக்டர்  $V_1$ -க் கிருக்கும்பொழுது அதன் நீட்சி ( $\angle SEV_1 = 0$ ) பூச்சியமெனப் பார்த்தோம். மேலும், வெக்டர் தன் பாதையில் செல்லும்பொழுது அதன் நீட்சி அதிகமாகிறது.  $V_2$ -ல் வெக்டர் கிருக்கும்பொழுது அதன் நீட்சி மீர்பெருமதிப்பைப் பெறுகிற தோறத் தெரிகிறது; ஏனெனில்  $V_2$ -க்கு வரவாதற்கு முன்னும்  $V_2$ -ஐத் தாண்டுவ பின்னும்  $\angle SEV < \angle SEV_2$ . அப்போது பிறையளவு

$$= \frac{1 + \cos EV_2 S}{2} = \frac{1 + \cos 90}{2} = \frac{1}{2} \text{ ஆகும். அதாவது, கிப்}$$

விடைவெளியில் ( $V_2$ -லிருந்து  $V_3$ வரை) வெக்டரின் பிறையளவு பூச்சியத்திலிருந்து பாதிக்கு உயர்கின்றது.  $V_1$ -லிருந்து கிடம் மாதிக் கவதாக்கல் வழித்து வெக்டரின் திசை சுதிரவனின் திசையிலிருந்து ஒரு சிறிதே விளகியிருக்கும். எனவே, அப்போது மெர்வெளியின் (twilight) காரணமாக வெக்டர் தமக்குத் தெரியதில்லை. தாக்கல் செல்லச் செல்ல வெக்டர் தமக்குத் தெரிய ஆரம்பிக்கிறது. மேலும், அது தெரியும் நேரமும் அதிகமாகிறது.  $V_2$ -ல் வெக்டர் கிருக்கும்பொழுது அதிக நேரம் கடைக்கிக்குத் தெரிகிறது.  $EV_1$ -ன் நீட்டல் உகவட்டத்தை  $V_2$ -ல் வெட்டிக்கும். வெக்டர்  $V_2$ -லிருந்து  $V_3$ -க்குச் செல்லும்பொழுது வெக்டரின் நீட்சி மீர்பெருமதிப்பிலிருந்து மதுபடியும் பூச்சிய மதிப்பைப் ( $SEV_3$ ) பெறுகிறது.  $V_3$ -ல் வெக்டர் கிருக்கும்பொழுது சுதிரவனுள் புகும் பாதிக் கோணம் மண்ணுலகிக் பக்கம் திரும்பியுள்ளது. எனவே, அத்தினையில் வெக்டரின் பிறையளவு

$$= \frac{1 + \cos EV_3 S}{2} = 1 \text{ ஓகிலும்; அதாவது, முழு வெக்டர் (Full}$$

Venus). ஆனால், மீத்திலையில் வெள்ளி, சதிரவன் திசையில் இருப்பதால் அது நமக்குத் தெரியாது போகிறது. மிகவாது  $V_1$ ,  $V_2$  என்ற இரண்டு மீட்களிலும் வெள்ளி இருக்கும்போது அதன் நீட்சி பூச்சியமாகிறது. அதற்கிடையில் ஒரு நிலையில் ( $EV_2$  உட்கவட்டத்திற்கு நோடுவாணயாகும்போது) வெள்ளியின் நீட்சி மீப்பெருமதிப்பைப் பெறுகிறது.  $V_1$ -இருந்து வெள்ளி  $V_2$ -க்குச் செல்லும்போது வெள்ளியின் சிறைவாண பூச்சியத்திலிருந்து மதிப்பு ஒன்றை அடைகிறது.  $V_1$ -ல் வெள்ளி இருக்கும்போது அத்திலையை அகலமை கிணையத்திலே (inferior conjunction) என்றும்,  $V_2$ -ல் வெள்ளி இருக்கும்போது அத்திலையைச் சேர்ந்தமை கிணையத்திலே (superior conjunction) என்றும் கூறுகிறோம்.

$V_1$ -இருந்து வெள்ளி  $V_2$ -க்குச் செல்லும்போது சிறை ஒன்றிலிருந்து பாதிக்குக் குகறகிறது. நீட்சி பூச்சியத்திலிருந்து மீப்பெருமதிப்பு  $SEV_1$ -க்கு உயர்கிறது. சின்ன வெள்ளி  $V_1$ -ல் அடைபடும் போது சிறை மேலும் குகறத்து பூச்சிய மதிப்பைப் பெறுகிறது. நீட்சியில் மீப்பெரு மதிப்பிலிருந்து குகறத்து பூச்சிய மதிப்பைப் பெறுகிறது.

#### 15-4-2. ஓர் உட் கோளின் 'கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலம்' (Synodic period of an inferior planet)

ஓர் உட் கோளின் எடுத்தெடுத்த இரு அகலமை கிணையம் நிலைகள் அவ்வது இரு சேர்ந்தமை கிணையம் நிலைக்கு கிடைக்கப்பட்ட காலத்தை அந்த உட் கோளின் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலம் எனக் கூறுகின்றோம். [அதாவது, மண்ணுயரைச் சின்னவியல் கோள் சதிரவனை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றியா எடுத்ததுக்கொள்ளும் காலம்.]

#### 15-4-2-1. ஓர் உட் கோளின் வீண்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் கதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு காணல் (To find the relation between the sidereal and synodic period of an inferior planet)

வின்வின்சன் சின்னவியல் ஓர் உட் கோள் வானவெளியில் சதிரவனைச் சுற்றும் காலவட்டம்  $P$  நாக்கொளவும், வின்வின்சன் சின்னவியல் மண்ணுயரைச் வான வெளியில் சதிரவனைச் சுற்றும் காலவட்டம்  $Y$  நாக்கொளவும், மண்ணுயரைக்கொட்டி, கோள் சதிரவனை ஒரு முழுச் சுற்றுச் சுற்றும் காலவட்டம்  $S$  எனவும் கொள். முழுச் சுற்று எக்ரம்  $360^\circ$  பயணம்.

எனவே, (1) திரைச் சதிரவனைச் சுற்றி உட் கோளின் தனிக் கோண வேகம் (absolute angular velocity)  $\omega_1 = \frac{360^\circ}{P}$ .

(2) திசைத் திசையிலே சுற்றி, மண்ணுவதில் தனித் தோண் வேகம்  $w_2 = \frac{360}{Y}$ . ஆகவே, (3) மண்ணுவதையொட்டி உட்கோளின் சுற்ற வேகம் (சுற்றுவதில் சுற்றி)

$$= w_1 - w_2 \\ = \frac{360}{P} - \frac{360}{Y}$$

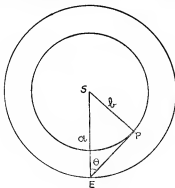
$$\therefore \frac{360}{P} - \frac{360}{Y} = \frac{360}{S}$$

$$\therefore \frac{1}{P} - \frac{1}{Y} = \frac{1}{S} \text{ எனப் பெறப்படும்} \quad (1)$$

$$\text{ஆகவே } \frac{1}{P} = \frac{1}{S} + \frac{1}{Y} \text{ ஆகும்.}$$

குறிப்பு: சிலரு  $w_1 > w_2$  ஆகையாக  $\frac{360}{P} > \frac{360}{Y}$ .

15-4-3. ஓர் உட்கோளின் மீப்பெகு நீட்சி காண்க (To find the maximum elongation of an inferior planet)



படம் 15-4-3

கோக் P-ன் நீட்சி மீப்பெருமதிப்பைப் பெறும்போது S-திரவன் நிலை, E-மன்னுயலின் நிலையைக் கோக்லோம்.  $SE = a$ ,  $SP = b$ ,  $\angle SEP = \theta$  (மீப்பெரு நீட்சி) யும் 15-4-3 காண்க. உட்கோளின் நீட்சி மீப்பெரு மதிப்பைப் பெறும் நிலையில் மன்னுயலையும் அக்கோளையும் கிணைக்கும் நேர்கோடு, அக்கோளின் டாஸைக்குத் தொடுவரைபாக இருக்குமென்பதை நாமறிவோம்.

$$\text{அப்போது } \angle SPE = 90^\circ$$

எனவே,  $\triangle SPE$ -ல்

$$\sin \theta = \frac{b}{a}$$

$$\therefore \theta = \sin^{-1} \frac{b}{a}$$

அதாவது,

$$\text{உட்கோளின் மீப்பெரு நீட்சி} = \sin^{-1} \left\{ \frac{\text{அக்கோளிக்கும் சுதிரவனுக்கும் கிடைக்கப்பட்ட தூரம்}}{\text{மன்னுயல்க்கும் சுதிரவனுக்கும் கிடைக்கப்பட்ட தூரம்}} \right\}$$

$$\begin{aligned} \text{உட்கோக் வெள்ளியின் மீப்பெரு நீட்சி} &= \sin^{-1} \left\{ \frac{0.7a}{a} \right\} \\ &= \sin^{-1} \{0.7\} \\ &= 45^\circ \text{ (தோராயமாக)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{உட்கோக் புதனின் மீப்பெரு நீட்சி} &= \sin^{-1} \left\{ \frac{0.4a}{a} \right\} \\ &= \sin^{-1} \{0.4\} \\ &= 28^\circ \text{ (தோராயமாக)} \end{aligned}$$

#### 15-4 4. உட்கோக் பற்றி மத்தும் சில குறிப்புகள்

1. ஒர் உட்கோக் எப்போதும் நேரெதிர் நிலையில் (opposition) இருக்கமுடியாது. ஏனெனின், ஒர் உட்கோளின் நீட்சி  $0^\circ$  முதல் ஒரு குறங்கோண அளவிற்கு உயர்ந்து மறுபடியும்  $0^\circ$  அளவிற்குக் குறைகிறது.
2. ஒர் உட்கோக் அண்மை கிணையல் நிலையில் மன்னுயல்க்கு மிக அருகிலும், சேய்க்கை கிணையல் நிலையில் மன்னுயல்க்கு மிக தூரத்திலும் இருக்கிறது.
3. வெள்ளி நீட்சியின் மீப்பெருமதிப்பு  $45^\circ$ -யிருந்து  $47^\circ 75'$  வரை மாறுபடுகிறது. எனவே, சுதிரவனிடமிருந்து கோளின் வேண்ட தூரம் அதிகமாகிறது. இக் கோண தூரம் மிகமிகச் சிறியதாயிருக்கும்

போது சந்திரவன் மறைந்தபின்னு செக்ஸெனி காரணமாக வெக்னி கைப் பரீட்சை முடிவடைகிறது. எனவே, கோளின் நீட்சி மீட்பெரு நிலையை அடைவும் நிலையில் சந்திரவன் உதயத்திற்கு முன்பு சிறிது நேரமும் அகலவுது சந்திரவன் மறைவுக்குப் பின்னு சிறிது நேரமும் தெரியும்.

4. வெக்னிகையிலுட்பு புதன் சந்திரவனுக்கு அருகில் இருப்பதால், புதன் நீட்சியின் மீட்பெருமதிப்பு  $16''$ -ஈறுத்து  $28''5$  வரை மாறு படுகிறது. எனவே, சந்திரவனிடமிருந்து புதன் கோண தூரம் மிகக் குறைவாகத் தெரிகிறது. எனவே, அநேகமாகக் சந்திரவன் மறைந்த பிறகு நிலவும் செக்ஸெனியில் புதன் தமது ஊட்சிக்குத் தெரியாதிருக்க. புதனின் நீட்சி மீட்பெரு மதிப்பைப் பெறும்போது மட்டும் நேரம் நேரக்கிழமை புதனைக் காண இயலும்.

5. படம் 15-4-1-ல்  $ESV_1 = ESV_2$ , மிகை ஒவ்வொன்றும்  $\phi$  எனக் கொள்வோம். சந்திரவன்வழி சுற்றும் காலத்தின் உள்ள நான்கு S எனவும் கொள்வோம். அப்போது வெக்னி  $V_1$ -ஈறுத்து  $V_2$ -க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் நேரம்  $\frac{3\phi}{2\pi}$  S நான்களாகும்;  $\phi = \cos^{-1}\left(\frac{SV_1}{SE}\right)$ . மேலும், வெக்னி  $V_2$ -ஈறுத்து  $V_1$ -க்குச் செல்ல எடுத்துக் கொள்ளும் நேரம்  $S - \frac{\phi}{\pi} S = \left(1 - \frac{\phi}{\pi}\right) S$  நான்களாகும்.

6. சந்திரன் எக்ஸாப் கிறையனவுகளையும் கொள்வதுபோல், ஓர் உட்கோளும் எக்ஸாப் கிறையனவுகளையும் ஏற்கிறது. மூன்றாம் கிறையி லிருந்து, முழுமதியவ்வரை சந்திரன் ஒளி தமக்குத் தெரிகிறது. ஆனால், 'முழுமை'யான புதனோ வெக்னியோ ஏற்படாது, சந்திரவன் கிடைமதிப்பதால் அம் 'முழுமை'க் காட்சிகள் தாம் பரீட்சைமுடிவாத நிலை உருவாகிவிடுகிறது.

18-4-5. முழு வெக்னி ஒளியை தாம் பரீட்சை மிகைபுது எனக் கூறினும், ஆனால், ஒரு தகை சூத்திரமியில் வெக்னியின் ஒழிவொளி தனது மீட்பெரு பண்பண்பைப் பெற்று தமக்குக் காட்சியளிக்கிறது. அம் வெளித் காட்சி எப்போது உருவாகிறது எனக் கணிக்கலாம்.

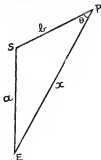
ஒரு கோளின் பண்பண்பு

(1) அதன் கிறையனவிற்கு நேர்விசிறத்திலும்

(2) மண்ணுவமிருந்து அக் கோள் மிகுக்கும் தூரத்தின் மிகு படிக்கு எதர்விசிறத்திலும் மிகுக்கிறது என்பது ஒளியியல் முடிவாகும். இந்தக் கொள்கையடி, வெக்னியின் மீட்பெரு பண்பண்புக்குரிய சூத்திரமையைக் கணிப்போம்.



15-4-5-1. கோகாஸிஸின் பரப்பளவு (The brightness of Venus)



படம் 15-4-5-1

ஒரு சூரியமீட்டர் சமவெளித் தளம் 15-4-5-1-ஐப்  $S, P, E$  முறையே செறிவுகள், கோகாஸிஸ், மண்ணுலகம் இருக்கும் நிலைகள் எனக் கொள்வோம். அத்திசையில் மண்ணுலகம்  $E$ -இருந்து  $P$ -ஐ தூரம்  $x$  எனக் கொள்வோம். மேலும்  $\angle EPS = \theta$  எனவும்,  $SE = a$ ,  $SP = b$  எனவும் கொள்வோம்.

$$\text{செறிவுவலையு} = \frac{1 + \cos EPS}{2} = \frac{1 + \cos \theta}{2}$$

$$\text{எனவே, அதன் பரப்பளவு} \quad Bx = \frac{\frac{1 + \cos \theta}{2}}{x^2}$$

$$\text{அதாவது } B = k = \frac{1 + \cos \theta}{x^2} \quad (\text{இங்கு } k \text{ ஒரு மாறிலி})$$

$$\triangle SPE\text{-இ, } \cos \theta = \frac{b^2 + x^2 - a^2}{2bx}$$

$$\therefore B = k \left[ 1 + \frac{b^2 + x^2 - a^2}{2bx} \right]$$

$$= \frac{k}{2b} \frac{(b+x)^2 - a^2}{x^2}$$

$B$  கீழ்ப்பெரு சுழற்சியைப் பெறுவதற்கு  $\frac{dB}{dx}$  பூச்சியமாக வேண்டும்.

$$\text{அதாவது } \frac{dB}{dx} = 2b \frac{x^3 - 2(b+x) - \frac{1}{2}(b+x)^2 - a^2}{x^6} - 3a^2 = 0$$

$$\therefore x - 2(b+x) - 3\frac{1}{2}(b+x)^2 - a^2 = 0$$

$$\therefore x^2 + 4bx + 3(b^2 - a^2) = 0$$

$$\therefore x = -2b \pm \sqrt{b^2 + 3a^2}$$

$x$ -ன் குறைமதிப்புப் பொருத்தாது. எனவே, அதை விடக்க

$$x = -2b + \sqrt{b^2 + 3a^2}.$$

எனவே, வெள்ளி மண்ணுலகிலிருந்து  $\{\sqrt{b^2 + 3a^2} - 2b\}$  தூரத்திலிருக்கும்பொழுது கீழ்ப்பெரு பளபளப்பிட்டு காட்சியளிக்கும். சிறு புதலுக்கும் பொருத்தும்.

15-5. ஒர் உட்கோள் பெத்திருக்கும் வானியல் பண்புகளும் ஒரு புறக்கோள் பெத்திருக்கும் வானியல் பண்புகளும் சிவச்சிவ வழியாக வேறுபாடுடையவை. எனவே, புறக்கோளிடப்பற்றி கீழ்போது பார்ப்போம். அவை மண்ணுலகத்தைவிட அதிகமான தூரத்திலிருப்பதால்,

(1) அவை கதிரவனைச் சுற்றிவரும் காலவட்டங்கள் மண்ணுலக ஆண்டைவிடப் பெரியவை;

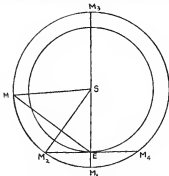
(2) அவற்றின் கோண வேகங்களும் நெட்டு வேகங்களும் மண்ணுலகத்தின் வேகங்களைவிடக் குறைந்தவை.

15-5.1. ஒரு புறக்கோளின் நீட்சி, நிறையளவுகளில் மாறுதல்கள் (The changes in the elongation and phase of a superior planet)

படம் 15-5.1 காண்க.  $S$  கதிரவன் நிலை; உள்வட்டம் மண்ணுலகின் பாதை; வெளிவட்டம் ஒரு புறக்கோள்  $M$ -ன் பாதை. மண்ணுலகம்  $E$  தனது பாதையில் கிவக்கிக்கொண்டு இருக்கும்பொழுது ஒரு மையத்தில் கதிரவனுக்கும் புறக்கோளிற்கும் இடையில் வந்தமைபும், அப்பொழுது புறக்கோளின் நிலையை  $M_1$  எனக்கொள்வோம். கீழ்போது கதிரவன்  $S$ , மண்ணுலகம்  $E$ , புறக்கோள்  $M_1$  ஒன்றும் ஒரே நேர்மேட்டில் அமைந்திருக்கின்றன. இந்தநிலையில் புறக்கோளின் நீட்சி  $\angle SEM_1$ -ன் மதிப்பு  $180^\circ$  ஆகும். எனவே, புறக்கோள் நேரெதிர் நிலையில் உள்வட்ட  $M_1$ -ல் கதிரவன் ஒளி படும் பாதிக்கோளம் மண்ணுலகின் பக்கம் திரும்பிவிருக்கும். எனவே, அச்சமைய புறக்கோளின் நிறையளவு ஒன்றாகும்.

$$\text{பிறையளவு} = \frac{1 + \cos \angle M_1 S}{2} = \frac{1 + \cos 0}{2} = 1 \quad (\text{முழுமை})$$

$m_1, m_2$  என்பன முறையே மண்ணுவகை, புறக்கோக் கோண்டுகள் சீரான கோண வேகங்களெனக் கொண்டால்  $m_1 > m_2$  என நாம்றிவோம்.



படம் 15-5-1

SEB திசைத் கோடுகளைக் கொண்டால்  $SM_1$ -ன் சர்ப்பத் கோண வேகம்  $m_2 - m_1$ . ஆனால்,  $m_1 > m_2$  என இருப்பதால்  $m_2 - m_1$  குறைந்திருப்பதால் இருக்கும் ( $m_1 - m_2$  கூட்டு மதிப்பு). எனவே, SEB ஒட்டி,  $SM_1$  என்ற திசைக்காடு  $m_1 - m_2$  என்ற சர்ப்பத் கோண வேகத்தில் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றுவதுபோலத் தோன்றும். உட்கட்டத் திசை  $E$ -க் தொடுவதற்கு வரையோம். அதை வெளிவிட்டததை  $M_2, M_4$ -க் வெட்டட்டும். மேலும்,  $M_1E$ -ன் திட்டக் வெளிவிட்டததை  $M_3$ -க் வெட்டட்டும்.

$$\text{புறக்கோக் } M_2\text{-க் இருக்கும்பொழுது அதன் பிறையளவு} = \frac{1 + \cos \angle EM_1 S}{2} = \frac{1 + \cos 0}{2} = 1 (\text{முழுமை}). \text{ அதாவதுக்கு நேரெதிர்}$$

திசையில் இருப்பதால் அதாவது மறையுள்போது அது முழுமைவாகத் தோன்றும். சீரடி முறையும் வானவெளியில் எஞ்சித்தடுகள் அதாவது உதிக்கும் சமயத்தின் மறைய ஆரம்பிக்கும். கோக்  $M_1$ -விருத்து வலஞ்சுழியாக  $M_2$ SE தோக்கிச்செல்லும்போது  $\angle EM_1 S$  0°-க்குத்து உயர்

கிதது.  $M_2$  என்ற நிலையில் கோளின் தீட்சி  $\angle SEM_2 = 90^\circ$  ஆகும். இத்திலையில் புறக்கோளின் மீறையளவு  $= \frac{1 + \cos EM_2S}{2} > \frac{1}{2}$ ; கோளை

தோக்கி வடிவாகப் பாத்தீதால் குமிழ்திலைப் பிறை (gibbous planet) தெரியும். (ஏனெனில்,  $EM_2S$  ஒரு குறுக்க்கோணம்.) இத்திலையில் புறக்கோள் சுதிரவன் திசையிலிருந்து  $90^\circ$  விவகித் தெரியும். இத்திலை, குத்துதிலை அல்லது அரைப்பிறைதிலை (quadrature) என்று கூறப்படும். (ஆனால், அட்சிக்கும்படுவது அரைக்கு மேற்பட்ட பிறையளவு.)  $M_2$ -லிருந்து புறக்கோள் செல்லச்செல்லக் கோணங்கள்  $SEM_2$ ,  $SEM$  கிரண்டும் குறைகின்றன. எனவே, புறக்கோளின் பிறை அதிகிக்கிறது.  $M_2$ -ல் கோளின் மீறையளவு ஒன்று (மீறையளவு  $= \frac{1 + \cos SEM_2}{2} = \frac{1 + \cos 0}{2} = 1$  முழுமை). கோளின்

தீட்சி  $\angle SEM_3 = 0$ . இத்திலையைச் சேய்க்கை நிலையல் திலை என்று குறிப்பிடுகின்றோம். இங்குக் சுதிரவனும் புறக்கோளும் ஒரே திசையில் உக்கனதால் கிரண்டும் ஒன்றாக உதித்து ஒன்றாக மறைகின்றன. எனவே, முழுமைக்கோள் நலக்குத் தெரியா தென்பகைக் கவனத்திற் கொள்ள வேண்டும். இத்திலையில் புறக்கோள் மண்ணுலகிலிருந்து மீட்பெரு தூரத்திற் இருக்கின்றது. புறக்கோள் செல்லச்செல்ல அதன் தீட்சி  $0^\circ$ -லிருந்து அதிகிக்கிறது; மீறையளவு குறைகிறது. புறக்கோள்  $M_3$  அடைவும்பொழுது அதன் தீட்சி  $90^\circ$ ; மீறையளவு

$$= \frac{1 + \cos EM_3S}{2}$$

$$> \frac{1}{2}$$

இத்திலையிலிருந்து  $M_1$ -க்குச் செல்லும்பொழுது புறக்கோளின் தீட்சி உயர்த்து  $180^\circ$  ஆகிறது; மீறையளவுக் மிகுந்து முழுமை பெறுகிறது.

$$\text{மீறையளவு} = \frac{1 + \cos EM_1S}{2} = \frac{1 + \cos 0}{2} = 1.$$

புறக்கோள்  $M_1$ -ல் இருக்கும்பொழுது, கோள் மண்ணுலகத்திலிருந்து மீட்சிது தூரத்திற் இருக்கின்றது.

செல்லையில் ஆரம்பித்து மீறடி புறக்கோள் யாவத்திற்கும் இப்பொழுது கூறப்பட்டவை பொருத்தும்.

15-5-2. புறக்கோள்கள் பந்தி மந்தையாக் குறிப்புகள்

1. சுதிரவனுக்கு இரு புறங்களிலும் புறக்கோளின் தீட்சி  $0^\circ$  முறக்  $180^\circ$  வரை எல்லா மதிப்புக்களையும் பெறுகிறது.

2. புறக்கோள் எப்போதும் அங்கமை நிலையல் திலையிற் இருக்க முடியாது; உட்கோள்கள் எப்போதும் தேரெதிர் நிலையல் திலையிற் இருக்கமுடியாது.

3. மூலம் 15-5-1-ல் முக்கோணம்  $SEM$ ஐ எடுத்துக்கொண்டால் எப்போதும்,  $SEM$ -ஐ  $SE$  குறைவாகவே கிடைப்பதால் கோணம்  $SME$  எப்போதும் குறுக்கோணமாகவே இருக்கும். எனவே, எப்போதும் அதன் சிறையளவு  $\frac{1 + \cos SME}{2} > \frac{1}{2}$ . மேலும், கோணம்  $கிளைஸர் நிலையிலும் எதிர்நிலையிலும் சிறையளவு முழுமைவராதும். ஏனெனில், கிங்கிர நிலையிலும்  $SME = 0^\circ$ . எனவே, ஒரு புறக்கோணின் சிறை எப்போதும் முழுமைவராத அல்லது குறித்தநிலைக்கு மட்டுமே தான் இருக்கும். சிறு சிறையளவும் பாதீடு சிறையளவும் ஏற்படா.$

4. புறக்கோன்  $M$ -இருந்து பார்க்கும்போது மண்ணுலக-சூரியன் திட்டி என்பது கோணம்  $SME$ .  $M$ -ல்  $M$  இருக்கும்போது கிங்கிரம்  $LEM_2S$  என்ற கீழ்ப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. எனவே, ஒரு புறக்கோன் குத்தநிலை அல்லது அகரப்பெற நிலைக்கு இருக்கும்போது அக்கோனிலிருந்து சூரியன்-மண்ணுலக திட்டி கீழ்ப்பெரு மதிப்புப் பெறுகிறது. அச்சமையம் சிறையளவு கீச்சிறு மதிப்புடையதாகிறது.

5. புறக்கோனிலிருந்து கோக்டைலின் மண்ணுலக கிப்பக்கமும் சிறை அளவும், மண்ணுலகிலிருந்து உட்கோணைப் பார்த்தால் அமைத்திருக்கும் உட்கோணின் கிப்பக்கத்தையும் சிறைகளையும் ஒத்திருக்கும்.

6. மறுதலையாக உட்கோனிலிருந்து கோக்டைலின் மண்ணுலக கிப்பக்கமும் சிறை அளவும், மண்ணுலகிலிருந்து புறக்கோணைப் பார்த்தால் அமைத்திருக்கும் புறக்கோனின் கிப்பக்கத்தையும் சிறைகளையும் ஒத்திருக்கும்.

15-5-3. ஒரு புறக்கோனின் சுதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலம் (Synodic period of a superior planet)

ஒர் உட்கோனின் சுதிரவன்வழிச் சுற்றுக்காலம் வகுத்தபடியே ஒரு புறக்கோனின் சுற்றுக்காலமும் வகுக்கப்படுகிறது. ஒரு புறக்கோனின் அடுத்தடுத்த இரு எதிர்நிலைகள் அல்லது இரு கோடுமை கிளைஸர் நிலைகளுக்கு கிடைப்பிட்ட காலத்தை அதைப் புறக்கோனின் சுதிரவன்வழிச் சுற்றுக்காலம் எனக் கூறுகின்றோம். (அதாவது, மண்ணுலகப் பின்னணியில் புறக்கோன் சுதிரவனை ஒரு முழுச்சுற்றுச் சுற்றியே எடுத்துக்கொள்ளும் காலம்.)

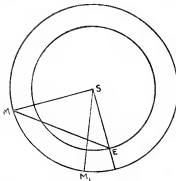
15-5-4. ஒரு புறக்கோனின் கீள்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் சுதிரவன்வழிச் சுற்றுக் காலத்திற்கும் உள்ள தொடர்பு (To find the relation between the sidereal and synodic periods of a superior planet)

$P$ ,  $Y$ ,  $S$  என்பவை முகப்பு 15-4-2-1-ல் கொண்டபடியே எடுத்துக் கொள்க. கிங்கிர  $\omega_1 > \omega_2$  எனக் கொள்க. அங்குப் பெற்ற முடிவுகளின்

அவ் ப்பணடயில் மலர் ங்றுமககெவல்ட்டு, புறக்கோளில் சாத்தெவதம் (சுதிரவகைல் சுதிரி)

$$\begin{aligned}
 &= m_2 - m_1 \text{ (கலஞ்சுதிரவகை)} \\
 &= \frac{360}{Y} - \frac{360}{P} \\
 \therefore \frac{360}{S} &= \frac{360}{Y} - \frac{360}{P} \\
 \therefore \frac{1}{Y} - \frac{1}{P} &= \frac{1}{S} \\
 \therefore \frac{1}{Y} &= \frac{1}{P} + \frac{1}{S} \text{ எனலபடும.}
 \end{aligned}$$

15-5 5. சுதிரவகைலிருத்த புறக்கோளில் ங்றுதததக் கானல்  
(To find the distance of a superior planet from the sun)



படம் 15-5-5

புறக்கோளில் சுதிரிதினக்கு ஁ நலர்வலுக்குடு பில் S, E, M ங்றுததத சுதிரவகை, மலர் ங்றுமக, புறக்கோளில் கைவகைல் தின்கோகக் குதிகல்ட்டும. கில் புறக்கோளில் சுதிரவகை ங்றுத சுதலுக்காவல் S நலர்

உக் எனக் கோக்சேயம். எனவே, எதிர் நிலைக்கு ஒரு நாளைக்கு பீக் புறக்கோக்  $M_1$ -ல் இருந்தால்  $\angle ESM_1 = 360^\circ/S$ . ஆகையால், எதிர் நிலைக்கு  $x$  நாட்களுக்குப் பீக் மக்கனுமாகும், புறக்கோகும் அத்வாஸில் தாக்கும் கோணம்  $\angle ESM = \left(x \cdot \frac{360}{S}\right)^\circ$  ஆகும். புறக்கோகின் நீட்சியான  $\angle SEM$ -ஓர் மதிப்பை தரம் கண்டறிய முடியும். எனவே,  $\triangle SEM$ -ல், முக்கியவது கோணம்  $\angle SEM$ ஓக் கணக்கிட்டியவாம். மேலும் இம் முக்கோணத்திற்

$$\frac{SM}{\sin \angle SEM} = \frac{SE}{\sin \angle SME}$$

$$\text{எனவே, } SM = SE \times \frac{\sin \angle SEM}{\sin \angle SME}$$

அதாவது, புறக்கோகிற்கும் அத்வாஸிற்கும் கிடைப்பட்ட தூரம் மக்கனுமிற்கும் அத்வாஸிற்கும் கிடைப்பட்ட தூரத்தின் சரிபாசுப்பெறப் படுகிறது. இங்ஙனமே உட்கோகிற்கும் அத்வாஸிற்கும் கிடைப்பட்ட தூரத்தை, மக்கனுமிற்கும் அத்வாஸிற்கும் கிடைப்பட்ட தூரத்தின் சரிபாசுப் பெறலாம்.

15-6-1. கோக்சின் நேர், பின்போக்கு இயக்கங்களும், திரைமனது நிலைகளும் (Direct and Retrograde motion of planets—their stationary positions)

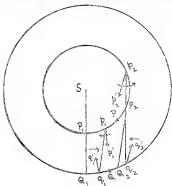
$S$  அத்வாஸின் நிலையைக் குறிக்கட்டும். உக் வட்டமும் வெளி வட்டமும் முறையே  $P, Q$  என்ற இரு கோக்கக் அத்வாஸைக் சுற்றி வரும் பாதைகளைக் குறிக்கட்டும்.  $P$  என்ற கோக்  $Q$  என்ற கோகின் விட அத்வாஸுக்கு அருகில் உக்கனது. எனவே,  $P$ -ஓர் கோண வேகமும், நெட்டு வேகமும்,  $Q$ -ஓர் வேகக்கண்ணிட அதிவிரிவுக்கும். எனவே, ஒரு சமயத்திற் கோக்  $P$ , அத்வாஸுக்கும் கோக்  $Q$ -க்கும் கிடைவிக் நோக்க வரும் மேலே கூறப்பட்ட நிலைகிற்  $P$ -ஓர் நிலையை  $P_1$  எனக் குறிப்பிடுவோம். அச்சமயத்திற் கோக்  $Q$ -ஓர் நிலையைக்  $Q_1$  எனக் குறிப்பிடுவோம். இப்போது  $S, P_1, Q_1$  மூன்றும் ஒரே நேர்கோட்டி லமைந்துள்ளது. படம் 15-6-1 காண்க.

கோக்கக் அத்வாஸை கிடஞ்சுழியாகக் சுற்றி வருவதால் அடுத்த நாட் கோக்கக்  $P$ -ல்  $Q$ -ல்  $P_2, Q_2$ -ல் இருக்கும். கோக்  $P$ -ஓர் கோண வேகமும், நெட்டு வேகமும்  $Q$ -ஓர் கோண நெட்டு வேகக்கண்ணிட அதிவிரிவுப்பதால்  $Q_1, Q_2$  விட  $P_1, P_2$  அதிவிரிவாகும். முதல்

→  
நாட்  $Q_1, P_2$  என்பது கோக்  $Q$ -மிருந்து கோக்  $P$ -ஓர் திரைமனப்

குறிக்கின்றது. அடுத்த நாள்  $q_1, p_1$  என்பது கோள்  $Q$ -விருத்து கோள்  $P$ -ன் திசையைக் குறிக்கின்றது.  $q_1$  வழியாக  $Q_1, P_1$ -க்கு கிணையாக  $q_1, q_1'$  என்ற கோடு வரைக.  $q_1, q_1'$  என்பது முதல் நாள் கோள்

$Q$ -விருத்து கோள்  $P$ -ன் திசையையும்,  $q_1, p_1$  என்பது அடுத்த நாள் கோள்  $Q$ -விருத்து  $P$ -ன் திசையையும் குறிக்கிறது. எனவே, ஒரு நாள் கிடைவெளியில் கோள்  $Q$ -விருத்து பார்த்தால் கோள்  $P$ -ன் திசை வலஞ்சுழியாகச் சுற்றியிருக்கின்றது என்பது பெறப்படுகிறது.



படம் 15-6-1

கிள்வகையான கிவக்கத்ததர் பிற்போக்கு கிவக்கம் (retrograde motion) என்று கூறுகின்றோம். கிவ்வியக்கத்தீம், விவ்வீக்கம் பின்னாலியில் கோள்  $Q$ -க் கிருப்பவர்களுக்குக் கோள்  $P$  கிவக்கம் கிருத்து மேற்கே செல்வதுபோல் தோன்றும். அவ்வாறே  $p_1$ -ல்  $P_1, Q_1$ -க்கு கிணையாக  $p_1, p_1'$  என்ற கோடு வரைந்தால் அக்கோடு அப்போது நாள் கிடைவெளியில் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றிக்கொண்டிருப்பதை அறியலாம். எனவே, கோள்  $P$ -விருத்து பார்த்தால் கோள்  $Q$ -ன் திசையும் வலஞ்சுழியாகச் சுற்றியிருக்கின்றதென்பது பெறப்படுகிறது. கிவ்வியக்கமும் வலஞ்சுழியாதவின் பிற்போக்கு கிவக்கமே வாகும்.



எனவே  $S, P_1, Q_1$  என்ற நேர்க்கோட்டு நிலைக்குப் பின்பு சில நாள்கள்,  $P$ -விருத்து பார்ப்பவனுக்கு  $Q$ -ன் இயக்கம் நெடுவோக்காகவும் (வாளுக்குறி),  $Q$ -விருத்து பார்ப்பவனுக்குக்கூட,  $P$ -ன் இயக்கம் நெடுவோக்காகவும் தோற்றமளிப்பது விளக்கமாகிறது.

இவ்வாறு  $P$ -ம்  $Q$ -ம் ஒன்றுக்கொன்று நெடுவோக்காகச் சென்று வரவருவதற்குமேலும், ஏதாவது ஒரு கையத்தில்  $P, Q$  என்ற இரண்டு கோள்களையும் நிலைக்குப் நேர்க்கோடு உள்வட்டத்திற்குத் தொடுவதாக யாக அமைக்கவாய் ஒரு நிலை வரும். அக்கையத்தில் கோள்களின் நிலைகள்  $P_2, Q_2$  என்ற புள்ளிகள் குறிக்கப்படும். அதற்கு அடுத்த நாள்களின் நிலைகளை  $p_2, q_2$  என்ற புள்ளிகள் குறிக்கப்பட்டு, கோள்  $P$ -ன் கோண, நெட்டு வேகங்கள் கோள்  $Q$ -ன் கோண நெட்டு வேகங்களை விட அதிகமிருப்பதால்  $Q_2 q_2$  விட  $P_2 p_2$  அதிக திசைமிருக்கும். மூலம்

நாள்  $Q_2 P_2$  என்பது கோள்  $Q$ -விருத்து கோள்  $P$ -ன் திசையைக்

குறிக்கிறது. அடுத்த நாள்  $q_2 p_2$  என்பது கோள்  $Q$ -விருத்து கோள்  $P$ -ன் திசையைக் குறிக்கின்றது.  $q_2$  வழியாக  $Q_2 P_2$ -க்கு மீளையாக

$q_2 q_2'$  என்ற கோடு வரை  $q_2 q_2'$  என்பது மூலம் நாள் கோள்

$Q$ -விருத்து கோள்  $P$ -ன் திசையைப்  $q_2 p_2$  என்பது அடுத்த நாள் கோள்  $Q$ -விருத்து  $P$ -ன் திசையைப் குறிக்கின்றன. எனவே, மேலே காட்டியுள்ள இடைவெளியில் கோள்  $Q$ -விருத்து கோள்  $P$  ன் திசை கிடைசுவழியாகச் சுற்றி இருக்கிறது என்பது பெறப்படுகிறது. இவ்வகையான இயக்கத்தைக் கோளின் நேரவக்கம் என்று கூறுகின்றோம். இவ்வியக்கத்தில், விண்மீன்களின் பின்னணியில், கோள்  $Q$ -ன் இருப்பவர்களுக்கு கோள்  $P$  மேற்கிவிருத்து கிடைசே செல்வது

போல் தோன்றும். அவ்வாறே  $p_2$ -ம்  $P_2$   $Q$ -க்கு மீளையான  $p_2 p_2'$  கோடு வரைத்து கோள்  $P$ -விருத்து கோள்  $Q$ -ன் திசையும் கிடைசுவழியாகச் சுற்றுகிறதென்பதை அறிவோம். எனவே, இவ்வியக்கமும் நேரவக்கம் என்றே பெறப்படுகிறது.

$S, P_2, Q_2$  என்ற நிலைகளுக்குப் பின்பு  $P$ -விருத்து பார்ப்பவனுக்கு  $Q$ -ன் இயக்கம் நேரவக்கமாகவும் (கிடைசுவழி)  $Q$ -விருத்து பார்ப்பவனுக்கு  $P$ -ன் இயக்கம் நேரவக்கமாகவும் தோற்றமளிக்கிறது.

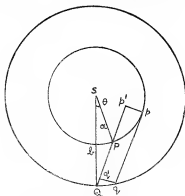
இவ்விரு நிலைகளுக்கிடையில், அதாவது

1.  $S, P_1, Q_1$

2.  $S, P_2, Q_2$

என்ற மிகு நிலைமையுடையதில், ஏதோ ஒரு சமயம், பிற்போக்கு இயக்கம் நிகழ, நேரிவக்கம் ஆரம்பித்திருக்கவேண்டும். அந்த திசை மாற்றம் ஏற்படும் சமயத்தில் ஒரு மிகச் சிறு நேரம்,  $P$ ,  $Q$  இரண்டும் ஒன்றுக்கொன்று தம் திசை மாறுதல் மீண்டபடி நகர்த்தி இருக்கவேண்டும். இத்த நிலை அங்கு கோள்களின் திசை மாறு நிலை (Stationary position) எனப்படும்.

15-6-2. இரண்டு கோள்கள் ஒன்றுக்கொன்று திசை மாறு நிலையிலுள்ளபோது ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளின் நீட்சி காணல் (To find the elongation of each planet as seen from the other when they appear stationary)



படம் 15-6-2

பிற்போக்கு இயக்கம் நிகழ, நேரிவக்கம் ஆரம்பமாகவதற்கு முன்பு திசைமாறு நிலை ஏற்படும் சமயத்தில் இரண்டு கோள்களின் நிலைகளைப் புகளிகள்  $P$ -ம்  $Q$ -ம் குறிக்கட்டும் (படம் 15-6-2 காண்க). இத்த நிலை தொடர்ந்து ஒரு மிகச்சிறிய நேரத்திற்கே நீடிக்கும். இச்சிறு நேரத்தை ' $P$ ' எனக் கொள்வோம். இச்சிறு காலம் ' $P$ '-ம் இங்கு கோள்களும் மூன்றுமே  $P$ ,  $Q$  என்ற மீடங்களுக்கு நகர்த்துவிட்டதாகக் கொள்வோம்.

சுரத்தகோக் P-ஊருத்து p வரும் வகையும், அதே சமயத்தில் மீரண் டாக் கோக் Q-ஊருத்து q வரும் வகையும் இரு கோக்களும் ஒன்றுக் கோன்று திகை யானது தர்த்துகோக்கடிருக்கின்றன (எவ் மீரண்ட கோக் t-ஈ) எனக் கோக்கப்பட்டதாகையால்  $PQ \perp pq$  என்பது தெரிய வருகிறது.  $SP=a$ ;  $SQ=b$  எனவும் P, Q-ன் தெட்டு வேகங்கள் u, v எனவும் கோக்க.  $\angle PSQ=\theta$  எனவும் கோக்க.  $pp'$   $qq'$  என்ற கோக்கள் வரைத்துக்கொள்க.

$$\text{ஊக் } Pp = ut;$$

$$\text{ஊக் } Qq = vt;$$

$$\text{மேலும் } qq' = pp'$$

' $\therefore$ ' மீரத் சிற்றாகையால், ஊக்  $Pp$ -ம், ஊக்  $Qq$ -ம் தெர்த்தோடுக கொளவே கொள்ளலாம். அப்போது

$$\begin{aligned} pp' &= Pp \sin pPp' \\ &= Pp \sin (90 - SPp) \quad [Pp \text{ ஒரு தெர்த்துணர்} \\ &\quad \text{பெனக் கோக்கலாம்}] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= Pp \cos SPp' \\ &= Pp \cos (180 - SPQ) \\ &= -Pp \cos SPQ \\ &= -ut \cos (P\text{-ஊருத்து, கதிரவன் - Q திட்டி}) \\ &= -ut \cos P \text{ எனக் கோக்கலாம்} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} qq' &= Qq \sin qQq' \\ &= Qq \sin (90 - SQP) \quad [Qq \text{ ஒரு தெர்த்துணர்} \\ &\quad \text{பெனக் கோக்கலாம்}]. \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= Qq \cos SQP \\ &= Qq \cos (Q\text{-ஊருத்து கதிரவன் - P திட்டி}) \\ &= vt \cos Q \text{ (எனக் கோக்க)} \end{aligned}$$

$$\therefore pp' = qq'$$

$$-ut \cos P = vt \cos Q$$

$$\therefore \cos P = -\frac{v}{u} \cos Q \quad (1)$$

$T_1, T_2$  என்பவை முறையே P, Q-க் கதிரவன் வட்டங்களையின்

$$uT_1 = 2\pi a; \quad vT_2 = 2\pi b$$

$$\therefore \frac{uT_1}{vT_2} = \frac{a}{b}$$

கொடுக்கிற மூலக்கூறு விதிப்படி.

$$\frac{T_1^2}{T_2^2} = \frac{a^3}{b^3}$$

அதாவது  $\frac{T_1}{T_2} = \frac{a^{3/2}}{b^{3/2}}$

$$\therefore \frac{u}{v} = \frac{a^{3/2}}{b^{3/2}} = \frac{a}{b}$$

$$\therefore \frac{u}{v} = \frac{b^{1/2}}{a^{1/2}}$$

எனவே (1)-ஐப் படி

$$\cos P = -\frac{a^{1/2}}{b^{1/2}} \cos Q \quad (2)$$

மேலும்,  $\Delta SPQ$ -ல்

$$\frac{a}{\sin Q} = \frac{b}{\sin P}$$

$$\therefore \sin P = \frac{b}{a} \sin Q \quad (3)$$

(2); (3) இரண்டையும் இருபடிக்கு உயர்த்திக் கூட்ட

$$1 = \frac{a}{b} \cos^2 Q + \frac{b^2}{a^2} \sin^2 Q$$

$$= \frac{a}{b} (1 - \sin^2 Q) + \frac{b^2}{a^2} \sin^2 Q$$

$$\therefore \left( \frac{b^2}{a^2} - \frac{a}{b} \right) \sin^2 Q = 1 - \frac{a}{b}$$

$$\frac{b^3 - a^2}{a^2 b} \sin^2 Q = \frac{b - a}{b}$$

$$\therefore \sin^2 Q = \frac{a^2 (b - a)}{b^3 - a^2}$$

$$= \frac{a^2}{a^3 + ab + b^3}$$

$$\sin Q = \frac{a}{\sqrt{a^3 + ab + b^3}} \quad (4)$$

$$\cos^2 Q = 1 - \frac{a^2}{a^3 + ab + b^3}$$

$$= \frac{ab + b^3}{a^3 + ab + b^3}$$

$$\cos Q = \frac{\sqrt{b}(\bar{a} + \bar{b})}{\sqrt{a^2 + ab + b^2}} \quad (5)$$

$$\tan Q = \frac{a}{\sqrt{b}(\bar{a} + \bar{b})} \quad (6)$$

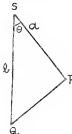
(3)-வது ;

$$\begin{aligned} \sin P &= \frac{b}{a} \sin Q \\ &= \frac{b}{a} \cdot \frac{a}{\sqrt{a^2 + ab + b^2}} \\ &= \frac{b}{\sqrt{a^2 + ab + b^2}} \end{aligned} \quad (7)$$

(2)-வது ;

$$\begin{aligned} \cos P &= -\frac{a^{1/2}}{b^{1/2}} \cos Q \\ &= -\frac{a^{1/2}}{b^{1/2}} \cdot \frac{\sqrt{b}(\bar{a} + \bar{b})}{\sqrt{a^2 + ab + b^2}} \\ &= -\frac{\sqrt{a}(\bar{a} + \bar{b})}{\sqrt{a^2 + ab + b^2}} \end{aligned} \quad (8)$$

$$\therefore \tan P = \frac{-b}{\sqrt{a}(\bar{b} + \bar{a})} \quad (9)$$



திருவாரூர் திரைத்துறைவோடு கோணம் P-ம் Q-ம் சரிவரை 8-ம் தரத்தும் கோணம் θ எனக் கொள்ளப்படும். அப்போது  $\angle PSQ = \theta$ .

Δ PSQ-ல்

$$a = b \cos \theta + PQ \cos P$$

$$b = a \cos \theta + PQ \cos Q$$

$$\therefore \cos P = \frac{1}{PQ} (a - b \cos \theta)$$

$$\cos Q = \frac{1}{PQ} (b - a \cos \theta)$$

$$\therefore \frac{\cos P}{\cos Q} = \frac{a - b \cos \theta}{b - a \cos \theta} \quad (10)$$

(2), (10)ஐக்குத்து

$$\frac{a - b \cos \theta}{b - a \cos \theta} = - \sqrt{\frac{a}{b}}$$

$$\begin{aligned} \therefore \cos \theta &= \frac{a\sqrt{b} + b\sqrt{a}}{a^{3/2} + b^{3/2}} \\ &= \frac{\sqrt{ab} (\sqrt{a} + \sqrt{b})}{(\sqrt{a} + \sqrt{b}) (a - \sqrt{ab} + b)} \\ \therefore \cos \theta &= \frac{\sqrt{ab}}{a - \sqrt{ab} + b} \quad (11) \end{aligned}$$

குறிப்பு 1: ஒரு குறிப்பிட்ட தருணத்தில் ஒரு கோளிலிருந்து மற்றொரு கோளப் புறத்தாக, கிரைடும் ஒன்றுக்கொன்று வலஞ்சுழியாகவோ கிடஞ் சுழியாகவோ இயங்கும் நேரத்தம் தெரியும்; அப்போது ஒன்றுக்கொன்று திகைவாறு நிலையிலிருக்கும்.

குறிப்பு 2: கிரு கோளக் ஒன்றுக்கொன்று மிக அண்மையிலிருக்கும்போது, ஒன்றுக்கொன்று வலஞ் சுழியாக இயங்கிக்கொண்டிருக்கும்.

குறிப்பு 3: படம் 15-6-1-ல் Q மண்டையகமெனவும், P ஓர் உட் கோளெனவும் கொண்டால்,  $P_1$  என்ற கிடத்தில் P என்ற கோல், அண்மை நிலையக் நிலையிலும்,  $P_2$  என்ற கிடத்தில் மீப்பொரு தீட்சியிலும் இருக்கும். எனவே, அண்மை நிலையக் நிலையில் ஓர் உட் கோளின் இயக்கம் வலஞ் சுழியாகவும், மீப்பொரு தீட்சி நிலையில் இயக்கம் கிடஞ் சுழியாகவும் இருப்பதைக் காணலாம்.

குறிப்பு 4: படம் 15-6-1-ல் P மண்டையகமெனவும், Q ஒரு புறக்கோள் எனவும் கொண்டால்,  $Q_1$  என்ற கிடத்தில் புறக்கோள் நேரெதிர் நிலையிலிருக்கிறது; இயக்கம் வலஞ்சுழி.  $Q_2$  என்ற நிலையில், புறக்கோள் குத்து நிலையில் (quadrature) உள்ளது; இயக்கம் கிடஞ்சுழி.

15-6-3. எ.கா. 1: ஓர் உட்கோள்க், மன்னுளகம், புறக்கோள்க், அதிரவன்மிருந்து ஓகையே  $a$ ,  $1$ ,  $b$  வானியல் அயகு தூரங்களில் உகின்ன. உட்கோள்கும், புறக்கோள்கும் சமமான அதிரவன் வழிச் சுற்றுகளால் உகடபதான மிருத்தாக்

$$a^{-3/2} + b^{-3/2} = 2 \text{ என நிதுவுக.}$$

உட்கோள்க் மீன்வழிச் சுற்றுகளால்  $P_1$ ;

புறக்கோள்க் மீன்வழிச் சுற்றுகளால்  $P_2$ ;

அகவ அதிரவன்வழிச் சுற்றுகளால்  $S$ ;

மன்னுளகம் மீன்வழிச் சுற்றுகளால்  $Y$ ;

எனக் கொக்க.

$$\text{உட்கோள்க்} \quad \frac{1}{P_1} - \frac{1}{Y} = \frac{1}{S}$$

$$\text{புறக்கோள்க்} \quad \frac{1}{Y} - \frac{1}{P_2} = \frac{1}{S}$$

$$\therefore \frac{1}{P_1} - \frac{1}{Y} = \frac{1}{Y} - \frac{1}{P_2}$$

$$\frac{Y}{P_1} + \frac{Y}{P_2} = 2 \quad (1)$$

கொள்க்க ஓகையும் விதிப்பது

$$\frac{P_1^3}{Y^3} = \frac{a^3}{1}$$

$$\frac{P_2^3}{Y^3} = \frac{b^3}{1}$$

$$\therefore \frac{1}{a^{3/2}} + \frac{1}{b^{3/2}} = 2$$

அதாவது  $a^{-3/2} + b^{-3/2} = 2$

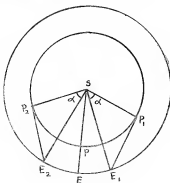
எ.கா. 2: மன்னுளகமும் ஓரு கோள்கும் அதிரவனைச் சுற்றி  $a$ ,  $b$  ஓரளும் வட்டப் பாதைகளில் மிதக்குகின்றனவனாக் கொண்டு அத் கோள்க் சிற்போக்கியக்க வளம்  $\frac{a^3}{132}$  தாக்கக் என நிதுவுக.  $S$ -க் அத் கோள்க் அதிரவன்வழிச் சுற்றுகளால்;

$$\text{கொள்க்} \quad \omega = \frac{\sqrt{a^3}}{a+b-\sqrt{ab}} \text{ எனக் கொக்க.}$$

15-6-2 (11)க் கண்டபது,  $P$  என்ற கோள்கும்  $E$  என்ற மன்னுளகமும் ஓகையேசுரு திசைவாரு மிதக்கம் பெற்றிருக்கும்போது

$PE$  என்ற கோடு, சுழிவலையில் தாங்கும் கோணம்  $\alpha$ -ன் மதிப்பு  

$$= \cos^{-1} \left\{ \frac{\sqrt{ab}}{a+b-\sqrt{ab}} \right\}.$$



படம் 15-6-3

படம் 15-6-3 பார்க்க.  $S, P, E$  ஒன்றும் ஒரே நேர் கோட்டு திசை; மேலும் செங்கோணங்கள் ஆரம்பம்.  $P_1, E_1$ -செங்கோணங்கள் முடிந்த திசை. திரும்பவும்,  $P_2, E_2$ -செங்கோணங்கள் ஆரம்பமானும் திசை. எனவே, கோள்  $P_2$ -யிருந்து  $P_1$  வரும்வரை செங்கோணங்கள் திசை நீடிக்கிறது. இந்தச் செங்கோணங்களை திசை நீடிக்கும் நேரம்

= மண்ணுடைசெய்தல் அக கோள் 2௧ பவணம் செரியும் நேரம்

=  $\frac{2௧}{360} \times 360$  நாட்கள்

=  $\frac{3௧}{180}$  நாட்களாகும்.

#### பயிற்சி 15

1.  $P, Q$  என்ற இருகோள்கள் சுழிவலைச் சுற்றி முறையே  $a, b$  என்ற ஆரங்கள் கொண்ட வட்ட வளைவில் நிலங்கொண்டன. ஒன்றுக் கொன்று திசை மாறுதல் நிலங்கொண்டன.



$$\frac{a}{b} = \frac{1}{2} \tan \frac{\theta}{2} \tan \theta \text{ என திறவுக.}$$

$\tan \theta = 2 \cot E$  எனக்கொள்க.  $E$  என்பது  $P$ -மிருத்து  $Q$ -ன் திசை வரையும்.

2. ஒரு கோளும் மண்ணுறையும் திசையான நிலையில் இயங்கும் போது, அதிரவனையும் கோளின் திசையான நிலைப்புக்களையும் கிணைக்கும் கோடு, மண்ணுறைத்திசை தாங்கும் கோணம்  $\theta$  எனவும், அக் கோளின் மீடுபெரு திசை  $\theta$  எனவும் கொண்டால்

$$2 \cot \theta = \sec \frac{\theta}{2} + \csc \frac{\theta}{2} \text{ என திறவுக.}$$

3.  $P, Q, S$  முறையே இரு கோக்களையும் அதிரவனையும் சூழிக் கின்றன. அக்கிரு கோக்களும் திசையான நிலையில் இயங்கும்போது  $\angle PSQ = 60^\circ$  ஆனால்  $a^2 + b^2 = 7ab$  என திறவுக ( $a, b$  என்பவை கோக்களின் வட்ட இயங்கு பாதையின் ஆரங்கள்).

4.  $P, Q$  என்ற இரு கோக்களின் வட்டப் பாதை ஆரங்கள் முறையே  $a, b$ .  $P$ -மிருத்து  $Q$ -ன் பாதையையு  $E$ ;  $Q$ -மிருத்து  $P$ -ன் பாதையையு  $V$ . அப்போது

$$b^2 V(1-V) = a^2 E(1-E) \text{ என திறவுக.}$$

அதிரவனிலிருந்து வெங்கியின் தூரம் 0.72 வானியல் அலகுகளில், வெங்கியிலிருந்து மண்ணுறையைத் தோக்கின் மண்ணுறையின் பாதையையு எண்ணவாழ்க்கையும்?

5.  $P$  ஒரு புறக்கோள்;  $E$  மண்ணுறையின்  $P$ -மிருத்து  $E$ -ன் பாதையையு பாதையாக இருக்கும்போது,  $E$ -மிருத்து  $P$ -ன் பாதையையு மீச்சிது மதிப்புடையதென திறவுக.  $P$ -ன் பாதையிப்பு, நேரெதிர் திசையில் மீடுபெரு மதிப்புப் பெறுகிறதெனவும், கிணையக் நிலையில் மீச்சிது மதிப்புப் பெறுகிறதெனவும் திறவுக.

6.  $\theta > 23\frac{1}{2}^\circ$  அளவிற்குள்ள இடங்களில் அதிரவன் உதயம், மதறவு நேரங்களில், ஓர் உட்கோளின் ஏற்றகோணம்  $\sin^{-1}[\sin E \cos(\theta - 23\frac{1}{2})]$  என்ற மதிப்பிக்கு மேற்பட முடியாதென்று திறவுக. இங்கு  $E$  என்பது அக்கோளின் மீடுபெரு திசை. அக்கோள் மீடுபெரு திசையில் உள்ள தான் மார்க்க 21 அல்லது செப்டம்பர் 23 ஆனால் ஏற்றகோணம்  $\pi \sin^{-1}[\sin E \cos(\theta - 23\frac{1}{2})]$  என திறவுக.

7. அதிரவனிலிருந்து நெப்டியூன் 30 வானியல் அலகுகள். இக் கோளின் அதிரவன்வழிச் சுற்றுகாலம் 368 நாட்கள் எனில், எத்தனை நாட்கள் இக்கோளின் பிற்போக்கு இயக்கம் திகழ்கும். (அ)

8. மண்ணுலகமும் செவ்வகமும் விண்மீன்கள் பின்னணியில் கதிரவனைச் சுற்றி வரும் கால வட்டங்கள் மூன்றையே 365.25 ; 687 நாட்கள். புதனின், கதிரவன் சுற்றுவழிக் காலம் காண்க. (அ)

9. கதிரவனிலிருந்து புதனின் தூரம் 0.4 வானியல் அலகு. புதனின் பிற்போக்குக் காலம் எவ்வளவு நிமிஷம்? (செ.)

10. கதிரவனிலிருந்து சனிக்ஷேனின் தூரம் 9.54 வானியல் அலகுகள். விண்மீன்களின் பின்னணியில் அதனுடைய காலவட்டம் என்ன! கதிரவன்வழிக் காலவட்டம் ஏதக்குறைய 378 நாட்களென நினைவு. அக்ஷேனின் நேரெதிர் திசைக்கும் சூத்திர திசைக்கும் உள்ள விடைவெளிப் பொழுதைக் காண்கிறது. (செ.)

11. விவாழல் அடுத்தடுத்துக் கிழக்குத் திசையில் பீச்சிது பிறையளவும், மேற்குத் திசையில் பீச்சிது பிறையளவும் காட்சியளிக்கும் சமயங்களுக்கிடையிட்ட காலம் 175 நாட்கள்; அக் கோள், அடுத்தடுத்து நேரெதிர்க் கோள்தம் கால விடைவெளி 400 நாட்கள். கதிரவனிலிருந்து விவாழல் தூரத்தை வானியல் அலகில் காண்க. (செ.)

12. ஒரு சித கோளின் கதிரவன்வழிக் கால வட்டம் 8 நாட்களாக இருக்க, (1) விண்மீன் பின்னணியில் அதன் கால வட்டமென்ன? (2) கதிரவனிலிருந்து அதனுடைய தூரம் (வானியல் அலகில்) என்ன? (செ.)

13.  $E, P, S$  மூன்றையே மண்ணுலகம், ஓர் உட்கோள், கதிரவன் கிடங்குறிக்கின்றன.  $SE : SP = \sqrt{3} : 1$ ;  $E\hat{S}P = 30^\circ$  உள்போதும்  $E\hat{S}P = 90^\circ$  உள்போதும்  $P$ -லிருந்து  $E$ -ன் பிறையளவும்,  $E$ -லிருந்து  $P$ -ன் பிறையளவும் என்ன விசித்தத்திலிருக்கும்! இவ்விரு திசைகளிலும்  $P$ -ன் பளபளப்புடன் 4:3 என்ற விசித்தத்தில் உகண்ட வெள நிழவுக. (செ.)

14. ஒரு சித கோளின் காலவட்டம், விண்மீன்களின் பின்னணியில் 3.5 ஆண்டுகளாகிடு, கதிரவனிலிருந்து அக் கோளின் தூரம் 2.3 வானியல் அலகுகள் என நிழவுக. (செ.)

15.  $P, Q, S$  மூன்றையே மண்ணுலகம், ஒரு புறக்கோள், கதிரவன் ஆகியவற்றை கிடங்குறிக்கின்றன.  $SQ = 16SP$  ஆனும்,  $Q$ -யின் மிபக் கம் பிற்போக்காகத் கோள்தம் காலம் எவ்வளவெனக் காண்க. [ $100^{-1} \frac{1}{2} = 72^\circ$  எனக் கொள்க.] (செ.)

16. விண்மீன்கள் பின்னணியில் மண்ணுலகமும், வெள்ளியும் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் காலவட்டங்கள் மூன்றையே 365.25 நாட்கள், 224.7 நாட்கள். வெள்ளி அடுத்தடுத்துச் செய்கை மிணைபய திசைகளில் கிழக்கும் சமயங்களுக்கிடையிட்ட காலப்போக்குதென்ன? (செ.)

17. விண்மீன்களின் பின்னணியில், மண்ணுமகக் காலவட்டமும் வெள்ளியின் காலவட்டமும் 13 : 8 என்ற விகிதத்தில் உள்ளன. வெள்ளியீடுபெரு தூரங்களில் அடுத்தடுத்துத் தோன்றும் சமயங்களுக்கு கிடைப்பட்ட காலம் 584 நாட்களென நிறுவும். (அ)

18. பிப்ரவரி 22-ஆம் நாளும் அக்டோபர் 8-ஆம் நாளும் விபாழன் கதிரவனொட்டிக் கிழக்கு மேற்குக் குத்தநிலைகளில் (eastern and western quadratures) உள்ளன. அடுத்த ஆண்டு ஜனவரி கிரண்டாம் நாள் நேரெதிர் நிலையில் கிடுக்த்தது. கதிரவனிலிருந்து விபாழன் தூரத்தையும், விபாழனின் கதிரவன் சுற்றுவட்டக் காலத்தையும் கணக்கிடுக.

19. கதிரவனிலிருந்து மண்ணுமகத்தின் தூரம் கிண்கறையவிட 10 சதவிகிதம் அதிகமாகும் மண்ணுமக ஆண்டு கிண்டும் ஏறக்குறைய 56 நாட்கள் அதிகமாகுமென நிறுவும்.

20. புதனின் காலவட்டம், விண்மீன்களின் பின்னணியில் 83 நாட்கள். அக்ஷேச அடுத்தடுத்து அனாகம கிணையல் நிலையில் கிடுக்கும் சமயங்களுக்கிடப்பட்ட காலப்பொந்தென்ன? (செ.)

21. கதிரவனிலிருந்து நெப்டியூன் 30 வானியல் அளவுகள். அதனுடைய கதிரவன் சுற்றுவழிக் காலம் 368 நாட்கள். அதனுடைய பிற்போக்கியக்கம் எத்தனை நாட்கள் நீடித்திருக்கும்? (செ.)

22. வெள்ளியின் மீப்பெரு நீட்சி 45°; விண்மீன்கள் பின்னணியில் காலவட்டம்  $\frac{1}{2}$  மண்ணுமக ஆண்டு. அடுத்தடுத்து 3 ஆண்டுகள், 3 ஆண்டுகள் காலவட்டங்களில் வெள்ளி தன் மீப்பெரு நீட்சி நிலையிலிருக்குமென நிறுவும். (செ.)

23. எம்மகக் கோள்களுக்குமுள்ள நேரியக்க காலம் அவற்றின் பிற்போக்கியக்க காலத்தையிட மிகுத்திருக்குமென நிறுவும். (செ.)

24. செவ்வாய் மண்ணுமகத்திற்கு அனாகமயில் உள்ளபோது அதனுடைய கிபக்கம் பிற்போக்காகவும், செவ்வாயினுள்ளபோது நேரியக்கமாகவும் தோன்றுகிறதென நிறுவும். (செ.)

25. திழை ஒளிக்கப்பட்ட கிடைகளில் அறிவக் கோள்கள் கிடுக்கும் போது அவற்றின் கிபக்கம் பிற்போக்காக, நேரியக்கமாகவெனக் காணும்.

- (1) குத்தநிலையில் விபாழன்; (2) நேரெதிர் நிலையில் செவ்வாய்;
- (3) செவ்வாய்க்கிணையல் நிலையில் புதன்; (4) மீப்பெரு நீட்சி நிலையில் வெள்ளி.

26. கதிரவனிலிருந்து ஒரு புறக்கோளின் தூரம்  $n^2$  வானியல் அளவுகள். அதன் செவ்வகமீயம்

$\left\{ \frac{n^2}{\pi(n^2-1)} \right\} \cos^{-1} \left\{ \frac{n}{n^2-n+1} \right\} \times 365.25$  நாட்கள் தீடிக்கும் என திதவு.

$$\text{குறிப்பு: } \frac{b}{a} = n^2; \cos \theta = \frac{n}{n^2-n+1}; \frac{1}{a} = \frac{1}{y} - \frac{1}{p};$$

$$\text{மேலும் } \frac{p^2}{y^2} = \frac{n^4}{1}.$$

$$\therefore s = \frac{py}{p-y} = \frac{y^2 n^2}{n^2 y - y} = \frac{y n^2}{n^2 - 1}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{ செவ்வகமீயக் தீடிப்பு} &= \frac{60}{\pi} \\ &= \frac{n^2}{\pi(n^2-1)} \cos^{-1} \left( \frac{n}{n^2-n+1} \right) y \text{ நாட்கள்.} \end{aligned}$$

27. ஒரு கோளினது மனனுலகத்தை மொட்டைய அளவட்டம் ஓரண்டிற்கும் கிரேடாண்டுக்குக்கும் கிடைமே இருப்பின், கதிரவனிலிருந்து அதன் தூரம் வானியல் அளவின் எத்தனைவகைக்குக் கிடுக்க வேண்டும்?

குறிப்பு :

$$\text{உட்கோளவியல் } \frac{1}{s} = \frac{1}{p} - \frac{1}{y} \text{ எனவும்}$$

$$\text{புறக்கோளவியல் } \frac{1}{s} = \frac{1}{y} - \frac{1}{p} \text{ எனவும்}$$

15-4-2-1-ஹம் 15-5-4-ஹம் தாம் பர்த்தேதாம்.  $y = \text{ஓரளவு}$ .

உ-ள் கதிப்பு  $y$ -க்கும்,  $2y$ -க்கும் கிடைப்பட்டிருக்கவேண்டிய கட்டுப் பாடு கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. வானியல் அளவின் கோளின் தூரம்  $s$  எனக் கொள்.

அப்போது, உட்கோளவியல் :

$$\frac{p}{y} = \frac{a^{3/2}}{1}; \frac{1}{s} = \frac{1}{y \cdot a^{3/2}} - \frac{1}{y} = \frac{1-a^{3/2}}{y \cdot a^{3/2}}$$

$$\therefore \frac{s}{y} = \frac{a^{3/2}}{1-a^{3/2}}$$

கொடுத்த கட்டுப்பாட்டின்படி,

$$1 < \frac{a^{3/2}}{1-a^{3/2}} < 2$$

$$\therefore 1 - a^{3/2} < a^{1/2} \quad (A)$$

$$a^{3/2} < 2 - 2a^{3/2} \quad (B)$$

$$(A)\text{-ன்படி } 2a^{3/2} > 1$$

$$\text{அதாவது } a^{3/2} > \frac{1}{2} \text{ ஆக இருக்கவேண்டும்.}$$

$$\text{அதாவது } a > \frac{1}{4^{1/3}}$$

$$\text{அதாவது } a > \frac{1}{1.5874}$$

$$\text{அதாவது } a > 0.6299$$

$$(B)\text{-ன்படி } 3a^{3/2} < 2$$

$$\text{அதாவது } a^{3/2} < \frac{2}{3}$$

$$\text{அதாவது } a^{3/2} < \frac{2}{3}$$

$$\text{அதாவது } a < \sqrt[3]{\frac{4}{9}}$$

$$\text{அதாவது } a < 0.7632$$

எனவே, அது ஒரே உட்கோணாயிசு, அதன் தூரம், வானியல் அளவில் 0.6299-க்கும் 0.7632-க்கும் இடைப்பட்டிருக்கவேண்டும். அது ஒரு புறக்கோணாயிசு,

$$\begin{aligned} \frac{1}{x} &= \frac{1}{y} - \frac{1}{y a^{3/2}} \\ &= \frac{1}{y} \left( \frac{a^{3/2} - 1}{a^{3/2}} \right) \end{aligned}$$

$$\therefore \frac{x}{y} = \frac{a^{3/2}}{a^{3/2} - 1}$$

செஞ்சுத்த கட்டுப்பாட்டிற்கு  $1 < \frac{a^{3/2}}{a^{3/2} - 1} < 2$  ஆக இருக்கவேண்டும்.

$$\therefore a^{3/2} - 1 < a^{3/2} \quad (C)$$

$$a^{3/2} < 2a^{3/2} - 2 \quad (D)$$

$$(D)\text{-ன்படி } -a^{3/2} < -2$$

$$\text{அதாவது } a^{3/2} > 2$$

அதாவது  $a^{3/2} > 2$  ஆக இருக்கவேண்டும். இது புறக்கோணாகுப் பொருத்தமானதோர் கட்டுப்பாடுதான்.

$$\text{அதாவது } a > 4^{1/3}$$

$$\text{அதாவது } a > 1.5874 \text{ என்ற கட்டுப்பாடு நேரவரப்படும்.}$$

(C)-ன்படி, ஒரு கட்டுப்பாடும் கிடைக்காது. எனவே, அது ஒரு புறக்கோணாயிசு, அதன் தூரம் வானியல் அளவில் 1.5874-க்கு மேற்பட்டிருக்கவேண்டும்.

## 16. வால் விண்மீன்கள்—எரி, விழ் விண்மீன்கள் (Comets and Meteors)

### 16-0. வால் விண்மீன்கள் (Comets)

சுதிரவன் குடும்பத் தோக்களைப் போலவே, வால் விண்மீன்களும் சுதிரவனைச் சுற்றி வருகின்றன. அவையும் செப்ளரின் மூன்று விதி களுக்குட்பட்டே இயங்குகின்றன. ஆகவே, அவற்றையும் சுதிரவன் குடும்பத்தோடு கிணைத்துப் பேசுவதில் தவறென்பதுமில்லை. ஆனால், தோக்களுக்கும் வால் விண்மீன்களுக்கும் வேறுபாடுகள் உண்டன. இயற்பியல் அமைப்பிலும் (Physical Constitution) வேறுபாடுகள் உண்டு.

16-1. 'Stellae Comatae' அதாவது முடியாக மூடப்பட்ட விண்மீன்கள் (Hairy Stars) என்றே அவை முன்னர் பெயரிடப்பட்டிருந்தன. இவை சுதிரவன் வீர்ப்புச் சுத்திலினும் இயங்குபவை. ஆனால், ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் தோன்றி மறைவன என்று கூறுவதற்கில்லை. ஒரு சில தவிர மற்றவை காலவட்டங்களுக்குக் கட்டுப்பட்டு இருப்பதாகத் தெரியவில்லை. பல திடீரென்று தோன்றி, ஒளி மிகுத்து, சிதறு காலம் வானவெளிப் பரணைச் செய்து ஒளி மங்கி மறைந்துவிடும்.

நம் கண்ணுக்குப் படும் வால் விண்மீன்கள் ஒரு மங்கலான வெண்முகிற் பகுதிபோல் தோன்றுகின்றன. ஒர் ஒளி மிகுந்த மையக் கரு (nucleus) அங்கெண்ணுமுகிற் பகுதியின் நடுவிலிருக்கும். அதிலிருந்து ஒரு மங்கலானிக் கொண்டே போகும் வால் சுதிரவன் பக்கத்திற்கு எதிர்ப் பக்கமாக இருக்கும். இவ்வால் மிக நீண்டு, வானத்தில் கணிசமான பகுதியில் காட்சியளிக்கும். (சில விண்மீன்களின் வால்கள்  $16 \times 10^6$  முதல்  $80 \times 10^6$  கி.மீ. அளவு நீண்டிருக்கிறது.)

தோன்றும் வால் விண்மீன்களில் 20 சதவீதமே மட்டுமே கண்ணுக்குப் புலப்படுகின்றன. தொலைதோக்கிலைப் பயன்பட ஆரம்பித்த

வாஸ் விண்மீன்கள்—எரி, வீழ் விண்மீன்கள்

பிரிவு, பல வாஸ் விண்மீன்கள் காண்பதற்கு வாதியேற்பட்டது. ஒளி மிக்க வாஸ் விண்மீன் தோற்றம், ஒரு புரட்டுபெற்ற பெரிய மனிதர் மறைவுக்கோ, அல்லது ஒரு பெரிய தோம் மக்களிடையே பரவுகிறோ, தீர், நெருப்பு, நில நடுக்கம் முதலியவற்றும் பெரிய தாம் ஏற்படுவதற்கோ முன்னறிதூதி எனத் ஒரு நம்பிக்கை பல நாட்டவரிடையே பரவி இருந்ததாம், வாஸ் விண்மீன் தோற்றங்க்கப்பற்றிய சூறிப்புடன் உறகில் பல நாடுகளில் கிடைக்கின்றன.

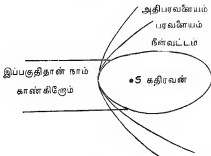
கி.பி. 1500க்கு முன்	400 வாஸ் விண்மீன்கள்
1500—1800 வரை	79        "
1800—1827    "	27        "
1850—1915    "	78        "

தோகதிய தேதிக்கப்பற்றிய சூறிப்புடன் உக்தன. நாமறித்தவரை 1948ஆம் ஆண்டில் மாதிரம் 10 வாஸ் விண்மீன்கள் தோகதியதாகத் தெரிகிறது.

16-1-1. வாஸ் விண்மீன்கள் தூயங்கு வடி: ஏறக்குறைய 400 வாஸ் விண்மீன்களின் கிடைங்குவழிகள் உறுதி செய்யப்பட்டிருக்கின்றன. பெரும்பாலும் கவயாகையை, பரவணியப் பாதைகள் (Parabolic Orbits); சில அதிபர வணியப் பாதைகள் (Hyperbolic); மற்றவை தீக் வணியப் பாதைகள். பரவணிய, அல்லது அதிபர வணியப் பாதைகளாயின், அவை கதிரவனுக்கு அப்பாற்பட்ட விண்வெளி மண்டலத்திலிருந்து கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்திற்கு கிழங்கெய்ப்பட்டு வந்தனவா கிருக்கவேண்டும்; அல்லது கிழங்கெய்ப்பட்டபோதிலும், கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்தில் சிதறப்படுத்தப்படாமல், மறுபடியும் அவை கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்திற்கப்பால் தப்பித்துப் போக வேண்டும்; தப்பித்துப் போனபின் மறுபடியும், கதிரவன் ஈர்ப்பு மண்டலத்திற்குத் துகழ்பவது, விண் வெளியினேயே போய்க்கொண்டிருக்க வேண்டும், அல்லது அழித்துவிட வேண்டும். அல்லது அவை தீக் வட்டப் பாதைகளில் கிடைக்குமாயின், பல ஆண்டுகள் தூது, அல்லது ஆயிரக்கணக்கான ஆண்டுகள் அழித்து மறுபடியும் காட்சிக்கு வந்தாக வேண்டும்; அல்லது பாதையிலேயே அழித்துவிட வேண்டும்.

எனவே, பல வாஸ் விண்மீன்கள் பாதைகளை நாம் திட்டவாட்டமாகக் கூற முடியாது. அவை கதிரவன் அருகில் வரும்போது நமக்குத் தெரிகின்றன; பின்னர் அவை என்னவாகின்றனவென நாம் அதிபரமுடியாத திறமையினால் கிருக்கிறோம். மீன் வரும் படத்தில் மூலதுவியத் பாதைகளும் காட்டப்பட்டிருக்கின்றன; வாஸ் விண்மீன் காட்சிக்கும் பருதியில், தீக் வட்டம், பரவணியம், அதிபர வணியம் என அறுதியிட்டுக் கூறமுடியாது.

ஒரு வாய்விடப் பாதை பரவளையப் பாதைதான் என துடிமமாக நிரூபிக்கின்ற தாம் அதுதவிர்த்துக் கூறியிட்டால், அதைத் திரும்பக் காணமுடியாது. இம்மூடியே அதிபர வளையப் பாதைகளும் அமைபும், ஆனால், வாய்ப்பாக ஒரு நீள் வட்டப் பாதையில் வியங்கும்.



படம் 16-1-1

ஒரு வாய்விடப் பாதை, கோள்களின் உலகவுகளைக் (perturbations) அதிபர வளையப் பாதைகளாகவும் மாற்றப்படலாம் என தாம் அதிதீர்த்து. அப்படிப்பட்ட வாய்விடப் பாதைகள், புறவெளியிலிருந்து வரவில்லை, புறவெளிக்குத் தப்பியோடி விடமுடியும்.

ஆனால் தாமதமற்ற பல வாய்விடப் பாதைகள், நீள்வட்டப் பாதைகள் எனவே மூடிவைக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அப்படிப்பட்டனவற்றின் ஏறக்குறைய 50 பின்னே 'காலவட்டத்திற்கு' உட்பட்டன வெளத் தெரிகிறது; அதாவது அவை, ஒரு முறைமையாகத் திரும்பி வந்து கண்ணுக்குப்படுகின்றன. சில சூழ்நிலைகளில், நமது 'கால வட்ட'க் கணிப்புச் சற்றுப் பிறழ்ந்து விடுவதாலும், சில சூழ்நிலைகளில், நமது கணிப்புகள்பட்டாத உலகவுகளைக், பாதை தடுமாற்றம் ஏற்பட்டு விடுவதாலும், சில சூழ்நிலைகளில் அவற்றின் அண்மை நிலையும் இன்னவால் திரும்பும் ஒருங்கிவிடுவதாலும், சில வாய்விடப் பாதைகள் தாம் அதிமயப்பட்டாத சில விசேஷங்களை அழித்துவிடுவதாலும், 'காலவட்ட'க் கணிப்புப்படி, அவற்றின் தாம் பின்னும் மீண்டும் காணமுடியாமல் போய்விடுகிறது.



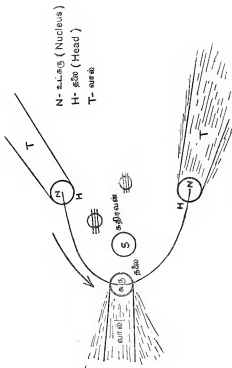
16-1-2. வால் விண்மீன் தோற்றம் : முதல் முதலில், ஒரு வால் விண்மீன் தொலைதூக்கியில் காட்சிக்குச் சிக்கும்போது, ஒரு மங்கலான, தெளிவான உருவம் பெற்ற மூலம் போலத் தோன்றுகிறது. ஆனால், அதன் தடுவோ, ஒரு செதிலும் உறைவும் (condensation) உருவாகி விடுகமையம். நித்த வீதத்தில் முதல் காட்சியளவிக்கும் வால் விண்மீன், அதிரவின் நெருங்க நெருங்க மூன்று திட்டமான பகுதிகளைப் பெறுவது நமக்குத் தெரிகிறது. அவையாவன : ஒரு தலை (head or coma); ஒரு மையக் கரு; ஒரு வால் (tail). அப்போது அம்மீன் ஏறக்குறைய, ஒரு வட்ட அகலத்து நீக்கப்பட்ட உருவம் பெறுகிறது. தலையின் அண்மையில் உட்கன மையக் கரு, மிக்க ஒளிபொரு ஒரு சாதாரண விண்மீன் போல விளங்குகிறது. தலைப்பக்கம் அதிரவன் இருக்கும்; மங்கலான வால் அதற்கு (அதிரவனுக்கு) எதிர்ப்பக்கமாகத் தோன்றும்; வால் நீண்டு ஒரு நீளக் குழாய் போலத் தோன்றும்; அக்குழாய் அச்க, வால் விண்மீன் மையக்குழாயைத் தளத்தின் அமையும். வால் துளியிலிருந்து மையக் கருப்பக்கம் செல்வச் செல்ல, வாலின் ஒளியிதழ்த்தகொண்டே செல்லும். வால்விண்மீன் அதிரவின் நெருங்க நெருங்க வாதும் விண்மீனுக்குப்பின் செல்லும். வால் விண்மீன், அதிரவனிடமிருந்து அண்மை நிலைமையக் கடந்த பின்பு, வால் மூன்றாம், தலை பின்னாலாக ஒடும். அதிரவின் எடுத்ததகன்போதுதான் நிம்மனதுண்டு; பின்னர் வால் மறைந்து விடும். அதாவது அதிரவனின் அண்மைக்கும், வால் தோற்றத்திற்கும் ஒரு தேரீய் தொடர்பு இருக்கலாம் (படம் 16-1-2 பார்க்க).

[குறிப்பு : 1970 மார்ச்சு மாதம் 29-ஆம் நாள் கைகடக்கானல் வானூர்திச் சாலையில் எடுக்கப்பட்ட பென்னட் வால் விண்மீன் (Bennet's Comet)-ன் படம் 16-4-5 (பக்கம் 91)-ல் காண்க.]

## 16-2. வால் விண்மீன் குடும்பங்கள்

விபாழன் என்ற கோளுக்குச் சொந்தமாக ஒரு வால் விண்மீன் குடும்பமே வாலில் உட்கனது. விபாழனின் மிகப்பெரிய 'பொருண்மை' வானவாக மிக்கோளின் வலையில் பல வால்மீன்கள் சிக்கியிருக்கின்றன வென்பது ஒரு கொள்கை. மற்றக் கோள்களுக்கும் சிறப்பான வால் விண்மீன் குடும்பங்கள் இருக்கவாமெனவும் முடிவு செய்ய இடமிருக்கிறது. ஆனால், விபாழனின் குடும்பமே பெரிய குடும்பம், ஏறக்குறைய மூற்பது; 'சனி'க்கு மூன்றாம், 'உரோனஸ்'னுக்கு மூன்றாம், 'தெரெய்யது'க்கு எட்டாம் இருக்கலாம் எனத் தெரிகிறது. உலகப் புகழ்பெற்ற 'ஹாலி'யின் (Halley) வால் விண்மீன் தெரெய்யன் குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது.

மிகை தரீர, மற்ற எத்தனையோ வால் விண்மீன்கள் வானவெளியில் தோன்றி, வளர்ந்து, மறைந்து அகவது சிதைந்துபோய்க் கொண்டே இருக்கின்றன.



வாக் விண்மீன்கள்—எஃ, விற் விண்மீன்கள்

ஆனால், கிரேஸ் ஸ்கீப்மான் வாக் விண்மீன்கள் 1862 III, 1889 III எண்பவற்றின் கதிரவன் அண்டைத் தூரங்கள் மூன்றையே 47-6; 49-8 வண்ணிய அளவுகளாகும். இவை நெப்டியூனுக்கு அப்பாலும் கிதவரை நாமறிபாத ஒரு பெரிய கோளின் குடும்பத்தைச் சார்ந்தவைவாயிருக்கலாமே என வானியல் அறிஞர்களிடையே ஓர் இயல் நிலவிவருகிறது.

16-3. வாக் விண்மீன் அளவு, பொருண்மை, ஒளியளவு

பெரிய அளவு வாக் விண்மீன்களும் (giant stars) உண்டு; சிறியவைமேல் உண்டு. மையக் ஒரு எவ்வளவு பெரிதெனும் இருக்கலாகி, சிறிதளவுமே இருக்கலாம். சில அளவுகளின் விட்டம் 160 கி.மீ. (100 மைல்); சில அளவுகளின் விட்டம் சில ஆயிரம் கி.மீ.; தலை விடப் பெரிதாக இருக்கலாம்.

உதவி புலப்பெற்ற 1811-ஆம் ஆண்டு நோன்றிய வாக் விண்மீனின் தலை, ஒருதலையே கதிரவனைவிடப் பெரிதாக இருந்ததெனக் கூறப்படுகிறது. கதிரவனை நெருங்க நெருங்க, வாக் விண்மீன்களின் தலை அருக்குவதாகத் தோன்றுகிறது. வீக்கருக்கம் ஒரு வட்சி மாதையாகக்கூட இருக்கலாம். வாக் தீமம் சில கோடி கி.மீ. இருக்கலாம்; சில வாக்கள் கதிரவன்—உலக தூரத்தைவிட அதிகமான தூரமும் பெற்றிருக்கலாம். இவைதான் கிதவரை தாம் வாக் விண்மீன்களைப் பற்றிக் கூண்டறித்தவை.

உருவம் மிகப் பெரிதாயினும், இவை களமிக்க, நேரடியாக விவற்றின் பொருண்மையை தாம் கணிக்க முடியாவிடினும், எந்த வாக் விண்மீனின் பொருண்மையும் மண்ணுலகத்தின் பொருண்மையில்  $\frac{1}{100}$  பாகம்கூட மிகாதுபோதும். எனவே, வாக்வின்கள் சராசரி அடர்த்தி மிகக் குறைவாகத்தானிருக்கும்; தலையின் அடர்த்தியைவிட வாக் அடர்த்தி மிகக் குறைவு. சில வாக்வின்கள் தம் பாதையில் உடைந்து, விண்வெளியைப் பொழியது காணப்பட்ட படியாக, தலையிற் பரவலாக விண்வெண் இருக்கலாமெனவா?

வாக் விண்மீன்கள் ஒன்றுக்கொன்று ஒளி மாறுபாடுடையவை. எனக்கண்ணூர் காணக்கூடிய சில வாக்வின்கள், (கதிரவன், சந்திரன் ஒளியை விடக்கூடப் பலக்கும்போது) மிக ஒளியுடையவைவாகத் தோன்றுகின்றன. சில, கதிரவன் அண்டைவிடக்கூட (நொய்நோக்கி வழியாகப் போர்க்கப்பலும்போதுகூட) மிக மங்கலாகவே தெரிகின்றன. ஒளி மிகவும், குறைவும் தூரத்தை மட்டிலும் பொறுத்ததாகத் தெரியவில்லை; தூரம் செல்லச் செல்ல, சில மணி நேரங்களில் அகலது சில நாள்களில், ஒளிமக்குதல் காணப்படுகிறது. சிறப்பாக, 1931-ஆம் ஆண்டில் பெப்ரவரி

மாதம் தோன்றிய வால் விண்மீன் (ஏன் 1925 II) கதிரவனிலிருந்து 8 வானவகு தூரமிருந்தபோது ( $8 \times 149.5 \times 10^6$  கி.மீ.) சில நாட்களில் தன் ஒளியை ஒன்றுக்கு ஐந்து மடங்கு பெருக்கியதாகக் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. அப்போது அதன் சிறு கையக் கருவியின் மீடத்தில் ஒரு பெரிய ஒளிப்பிழம்பு வட்டமே காணப்பட்டதாம். இந்த ஒளி பெருக்கும் பொழுது, வால் விண்மீனின் உட்பொருள் வெடிப்பினால்தான் ஏற்பட்டிருக்க வேண்டுமென்றும், அதன் வானியல் கதிரவன் ஒளியை மிகுந்த மூடியாது என்றும் முடிவு கட்டப்பட்டது.

16-3-1. வால் விண்மீனின் வால்: இவ் வானிப்பற்றி பெளதிக தூயறிஞர்கள் சில சொக்கடைகளை வகுத்திருக்கின்றனர். அவை மூன்று பெரும் பிரிவுகளாகப் பிரிக்கப்படலானதென்றும், ஒவ்வொரு வகைக்கும் சிறப்பான பண்புமுண்டென்றும் கூறுகின்றனர். மரக்காவல் (Wood Well) திறவிப் சொக்கடைப்படி ஒளி ஒரு பொருளினமேல் விழமானும், அஃதொளி ஒரு சிறிய அழகும் உண்டுபண்ணுகிறது என்ற கருப் படைமிக் தரிசனம் பெளதிக ஆக்ஸிஜன்கள் காணப்பெற்றறி ஆராய்ச்சி செய்திருக்கின்றனர். இத்தகைய கைப்பற்றிப் பெரிய விளக்கம் கூற வியாதகையாகக் கிட்டுத்தப்போது திறத்திக் சொக்குமீறும்.

16-4. வாகாற்றுப் புறந்பெற்ற சில வால் விண்மீன்கள்

1. ஹாலி (Halley) வண்ட வால் விண்மீன்: திருட்டன் வாழ்ந்த காலத்தில் வாழ்ந்தவர் ஸர் எட்மண்ட் ஹாலி (Sir Edmund Halley, 1656-1742) என்ற வானியல் அறிஞர். இவர் வானியலில் பய துறையில் பய ஆராய்ச்சிகள் செய்து புறப்பெற்றவர். கிரேட்டர் வது அரசவை வானியல் அறிஞராக (Astronomer Royal) வண்டவர் வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடத்தில் பணிவாற்றினார் [முதல் அரசவை வானியல் அறிஞர் 17-ம் கட்டக்குதிற்கும் முதலையைக் கண்ட பிராக் கண்ட (Flamsteed)]. இவர் கண்ட வால் விண்மீனுக்கு இவர் பெயரே சூட்டப்பட்டு, அதை தாம் 'ஹாலி'யின் விண்மீன் எனக் குறிப்பிட்டு கிணும். இது 'தெய்வகூன்' குடும்பத்தைச் சேர்ந்தது. முதல் முதலில் இது கண்டு குறிக்கப்பட்ட ஆண்டு கி.பி. 1066. இது, மூன்றாவே மனிதர் கண்டுசூட்டப்பட்டிருந்த போதிலும், ஹாலி என்பவரால் தான் இதன் கிபங்குபாதையும், காணப்பட்டும் கணிக்கப்பட்டன. கி.பி. 1456, 1531, 1607, 1682.....ஆண்டுகளில் தோன்றிய வால் விண் மீன் பாதைகள் ஒரே ஒரு வால்மீன் திரும்பத் திரும்ப வந்த பாதை யெனவும், அதன் கால வட்டம் ஏறக்குறைய 75 அகவது 76 ஆண்டுகள் எனவும் ஹாலி எடுத்துச் சொன்னார். அவர் அக்வாலமீன் மறுபடியும் 1758-ஆம் ஆண்டு ஒரு குறிப்பிட்ட நாளில் திரும்ப வரும் என முன் கூட்டியே கூறினார். தாம் உயிருடன் இருந்து அதைப் பார்த்த முடி யாது எனவும் கூறினார். இவ்வழிவிக்கப் பிழிப்டன் அரசவைக் கழகத்

வாக் விண்மீன்கள்—சரி, வீழ் விண்மீன்கள்

திர்து (Royal Society) அனுப்பும்போது அவர் கூறிப்பதாவது: 'கிள்வாக்கின் 1758-ஆம் ஆண்டு மறுபடியும் மனிதன் காட்சிக்கு வரும்; அப்படி வந்தால் நிதனம் மக்கள் தகுதியைப் பின்பு, அதை மூலமே கண்டுபிடித்த பெருமைமைய, ஓர் ஆய்வினைவனுக்கு வழங்க மறுக்கப்பட்டார்கள்.'

அவர் மறைந்த பின்பு, ஏதக்குறைய அவர் குறிப்பிட்ட நாளன்றே, அதாவது 1758-ஆம் ஆண்டு சித்திரமும் தினத்தன்று அது வானில் காணப்பட்டது. பலநாள் வானவெளியில் பயணம் செய்து, 1759-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 13-ஆம் நாள் அது சதிரவன் அண்டை நிலைப் 50° திசுமூலம் வானேடு காட்சியளித்தது, பின்னர் சில நாட்களில் மறைந் தோடியிட்டது. மறுபடியும், அந்நே 76 ஆண்டுக் காலவட்டத்தில் 1875-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 15-ஆம் நாள் சதிரவன் அண்டை நிலைக்கு வந்து மறைந்தது.

மறுபடியும் 75 ஆண்டுகள் கழித்து 1910-ஆம் ஆண்டு அது தோள் திந்து, அப்போது தவகைதவையில் அது ஒளியிக்குக் காட்சியளித்தது. அப்போது அதன் வாக் திசை 60°; அதன் ஒளித்தரம் 1 (m). மேலதம் 19-ஆம் நாள் அது மண்ணுலகத்திற்கும் சதிரவனுக்கும் இடைமேல் வந்து சதிரவன் இடைமறைத்துவிட்டு ஒடியிட்டது. அடுத்தபடி சில வாக்மீனை நாம் 1985-ஆம் ஆண்டில் எதிர்பார்க்கலாம். மூதல் மூதலில் காணப்பட்ட கணிக்கவிட்டு, அதன்படி கிவங்கும் வாக் விண்மீன்களில் கிது மூதல் வாக் விண்மீன் ஆகும். கிது கிழக்கு மேத்தை வலஞ்சுழி பாகச் சுற்றுகிறது.

2. 'காக்கோ'யின் (Eclips) வாக் விண்மீன்: 'காக்கோ' ஒரு ஜெர்மானிய விஞ்ஞானி. 'கோகஸ்' (Comas) என்ற கணித மேதைமீன் மாணவர். 1818-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 18-ஆம் நாளன்று கிவ் ஒரு தொலைதோக்கி வாக் விண்மீனைக் கண்டார். தொலைதோக்கி வாக் விண் மீன் (Telescopio comet) என்பது, ஊனக்கண்ணுக்குத் தெரியாத, ஆனால் தொலைதோக்கி வழியாக மட்டும் காணக்கூடிய ஒன்று. கிதற்கு எதிர் ஊனக்கண்ணுக்குத் தெரியக்கூடிய வாக்மீன் (Naked eye comet). கிதுவே 1786-ஆம், 1795-ஆம், 1805-ஆம் இதராக் கண்டு குறிப்பிடப்பட்ட வாக் விண்மீன் என இயலுந்து, கிதனைப் பற்றிய ஆராய்ச்சியில் கவனம் செலுத்தினார். கிது 3½ ஆண்டுக் கால வட்டமூலம் ஒரு வாக்மீன் என அறிவித்து, அது மறுபடியும் 1822-ஆம் ஆண்டு மே (May) 24-ஆம் நாளில், சதிரவன் அண்டை நிலையைக் கடக்குமேன மூல்கூட்டியே அறிவித்தார். இரோம்பலயில் அப்போது அது தெரியாதெனவும் உறுதி கூறினார். அவர் மூல்கூட்டக் கூறிய 3 மணி நேர கிடைவெளியில் 'பாடிமட்டா' (Paranatta) வானியல் ஆராய்ச்சிக்கூடத்தில் தொலைதோக்கி வழியாக கிள்வாக்கின் காணப்

பட்டது. கீத்கிஷ்ச்சிக்குப்பின் கிவர் பெருமை வானியலறிஞர் உலகில் பெரிதும் வளர்ந்தது. இவ்விண்ணின் பெருமை வாதெனில், 'ஹாமி' பின் வாக்மீனுக்கு அடுத்தபடியாக கிதுவே வளவட்டம் முக்கூட்டிக் குறிக்கப்பட்ட வாக்மீனாகும். 'கிது வளவட்டம்' பெற்ற வாக்மீன் கனில் மூதலில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட வாக்மீன் கிதுவாகும்.

3. மொர்மொன் (Morhonyan) வாக் விண்மீன் : கிது 1967-ஆம் ஆண்டு தோன்றி மறைந்தது. 'ஹாமி' வாக்மீனின் வளவட்டம் பெரிது—75 ஆண்டுடன். இங்கு 'ஹாமி', 'எக்ஸே' வாக் விண் மீன்களின் கிவங்குவழிப் படம் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்ட (படம் 16-4).

'ஹாமி' வாக்மீனின் கிவகப்பாதை, புளூட்டோவின் பாதைக்கு மப்பாக, தனது கதிரவன் சேய்கை நிலை X பெற்றிருப்பதைக் காண்ட; கிது கதிரவனுக்கும் வானினுக்கிடத்தும் கிடைமீல் தன் அண்டைநிலை Y பெற்றிருப்பதைக் காண்ட.

1965-ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வாக் விண்மீன் ஒன்றுபற்றியும் 1969-70-ஆம் ஆண்டு தோன்றிய வாக் விண்மீன் ஒன்றுபற்றியும் சில குறிப்புகள் மின்னல் கிக்குக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

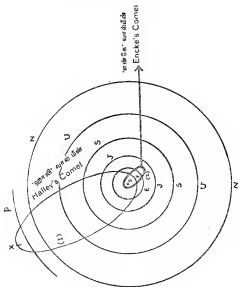
(4) வாக் விண்மீன் இகேயா-செகி (Ikeya Seki, 1965 f): இவ் விண்மீன் 1965-ஆம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 18-ஆம் தேதி வரையில் கீரு ஜப்பானிய வானியல் வாக்மீன்கள் திரு கீகேயா, திரு செகி எகப்புகளால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. கிதன் ஒளித்தரம் 8; எம்மம் கிதகி உகந்தது; வானொளியில்கலை. அக்டோபர் மாத அளவிற்குதான் மகிசன் அகதைக் காணக்கூடிய வாய்ப்பேற்பட்டது. கொடைகாணல் வானூராய்ச்சி நிலையத்தின் அதன் நிழற்பட ஆய்வும் கிபெக்டிரான்சோப் (ஒளி உடைப்பான்) ஆய்வும் அப்போது தொடக்கின.

அக்டோபர் 21-ஆம் தான், அது கதிரவனுக்கு அண்டை நிலையில் கிருத்தது; தூரம் 300,000 கைக்கதான். எனவே, அது 'கதிரவன் நெருக்க' வாக்மீனொன் (sun-grazing comet) கொள்ளப்பட்டது.

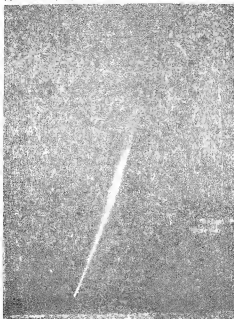
கிதன் அண்டைநிலைத் தூரம் மிகச்சிறியதாக கிருத்தபடியால், கிது எழிலும் வளம்பும் மிக்கதோர் வாக்பொருளாகக் காட்சியளித்தது. ஒரு வாக் விண்மீன் கதிரவனை நெருக்க நெருக்க, அதன் கதகதும்பும் அதன் உகவாற்றதும் மிருவது கிவங்குமும்; அதுவும் சிறப்பாக அகவாக்மீன், கதிரவன் ஒளிர்மருட மண்டலத்தின் கொதுமையுக்கு நெருக்கம் பெறுவானும், கதகதும்பு அதிமையும்கூடும். கிவ் வாக்மீன் கதிரவன் ஒளிர்மருட மண்டலத்தினே துணுத்து கொன்றது. அத்தக் குறிநிலையில் கிவ்வாக்மீனின் விண்வெளிப் பயணத்தின்போது நடத்திய

പ്രസിദ്ധ 16-4.

S - കോളിംബസ്	
E - കോളിംബസ് കോളിംബസ്	
J - കോളിംബസ്	11
S - കോളിംബസ്	11
U - കോളിംബസ്	11
N - കോളിംബസ്	11
P - കോളിംബസ്	11
(1) 'കോളിംബസ്' കോളിംബസ്	
കോളിംബസ്	
(2) 'കോളിംബസ്' കോളിംബസ്	
കോളിംബസ്	



வானியல் ஆராய்ச்சியின் பயனுத, கதிரவன் புறக்கண்ட நிலையப் பற்றிய சில புதுச் செய்திகளும், அம்மாதிரியின் உட்பொருள் அமைப்பு பற்றிய சில செய்திகளும் பெறப்பட்டன.



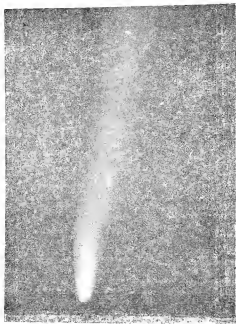
IV [16-4 (4)]

வால் மீனரின் - கிரேஸ் - செகி (Ikuya Seki, 1965 f)

சோனடகாஸன் வானாய்ச்சி நிலைய நிறுவகம்.

[30—10—1965 ; சோனடகாஸன் வானாய்ச்சி நிலையத்தின் தடவோல.





V [16-4 (3)]

வெண்மீ, வாடு விண்மீதங்கள்

வெண்மீதங்கள் வாடுவிண்மீதங்கள் திரைகள் திரைகள்

[29—3—1970: வெண்மீதங்கள் வாடுவிண்மீதங்கள் திரைகள் திரைகள்]

1965-ஆம் ஆண்டு அக்டோபர் 30-ஆம் தாள் கொடைக்கானல் வானூராய்ச்சி நிலையத்தில் எடுக்கப்பட்ட இவ்வால் விண்மீனின் திறந் படம் பக்கம் 90-ல் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்க.

(5) பென்னட் வால் விண்மீன்: இவ்வால் விண்மீன், 1963-ஆம் ஆண்டு டிசெம்பர் மாதம், தென்னுப்பிரிக்காவில் பிரிடோரியாவைச் (Pretoria) சேர்ந்த J. C. பென்னட் என்ற வானியல் அறிஞரால் கண்டுபிடிக்கப்பட்டது. இது நேர்முகமாக (அதாவது வானக்கண்ணாடும்) காணக்கூடியதொரு வால்மீன். (தொலைநோக்கி தேவையின்றிப் பென்பேதே மிதன் பொருள்.) இவ் வால்மீன், மிகவும் தென்மேல் துள்ளி விருந்தபடியால், மண்ணுவசத்தில் முதலில் தென்பாதிப்பிந்தான். இது 1969 டிசெம்பர் முதல் 1970 முதற்பாதி மார்ச்சு வரையில் காட்சித் தெட்டியது. அதற்குப் பின்புதான் மார்ச்சு பின்பகுதியில் அது மண்ணுவசு வடபகுதியில் காட்சியளித்தது. தமிழ்நாட்டுப் பகுதியில், அவ்வகைப்பொழுதில் அதாவது கூதவமாக ஏறக்குறைய 1½ மணிக்கு நுள்பாசக் கிழக்குவானில், அது காட்சிக்கெட்டியது.

1970-ஆம் ஆண்டு மார்ச்சு 20-ஆம் தேதி அது அதிரவன் அளவமை நிலையம்தியது. அப்போது அதன் தூரம் 0.537 வானியல் அலகு, (ஏறக்குறைய 59x10<sup>6</sup> கைமீகள்.) அதன் வால் 4° அளவு நீளம். இப்போது நாமறிந்தவகையில் அதன் நீளக்கு மாதை ஒரு பரவலையம். எனவே, இது மறுபடியும் திரும்பி வராதெனக் கூதவாம்; ஆனால், திட்டமாக அன்று.

அதன் அளவமை நிலையில், ஏறக்குறைய ஒரு மாதம் கிதைப் பற்றிய ஆராய்ச்சி, கொடைக்கானல் வானூராய்ச்சி நிலையத்தில் தடை பெற்றது. இவ்வாராய்ச்சி நிலையத்தில் மார்ச்சு 29-ஆம் தேதி எடுத்த இதன் திறந்படம் பக்கம் 91-ல் கொடுக்கப்பட்டிருப்பதைக் காண்க.

16-5. கோள்கள்-வால் விண்மீன்கள்-ஒத்தருமை வேற்றுமைகள்

கோள்கள்	வால்மீன்கள்
(1) கோள்கள் அதிரவன் குடும்பத் தைச் சேர்த்தவை; எண்ணுக்கு அடங்கியவை.	(1) வால் மீன் கள், அதிரவன் குடும்பத்தைச் சேர்த்தவை பென்றாலும், அதிரவனுக்கு அடங்காது நெருங்கிய தொடர்புடையவைவரின். எண்ணுக் கூடக்கூறலாம்.
(2) பென்னட் விதிவகுக்குப்பட்டு இயங்குபவை.	(2) பென்னட் விதிவகுக்குப்பட்டு இயங்கினும்.

கோர்வன்	வாய்விண்வன்
(3) நீங்கலட்டியங்கு பாதை பெற்றவை.	(3) நீங்கலட்டிப் பாதையெய்யளி, பரவலாகப் பாதைகளிலும், அதிபரவலாகப் பாதைகளிலும் கிங்குக்கும் வாய்விண்வன் உண்டு.
(4) எரிவன் ஒரே திசையில் கிங்குக்கின்றன.	(4) கிங்கு திசைகளிலும் கிங்குக்கின்றன.
(5) காலவட்டப்படி கிங்குவுழி அமைந்தது.	(5) சிவ, காலவட்டமுடையவை; சிவவற்றின் காலவட்டமே அணிக்குழுவாக அமைக்கப்பட்டிருக்கின்றன; சிவ மறைத்தும் கிங்குக்கின்றன.
(6) பாதையெய்யிட்டு கிங்குவரை தடுமாறிப் போனதாகத் தெரியவில்லை.	(6) தன்னிச்சையாகத் தோன்றிக் கண்ட கண்ட கிங்கு பாதைகளில் செல்கின்றன.
(7) கிங்குவழிகள் யாவும் ஒரே தளத்தில் அமைந்தவை.	(7) பாதைகள் ஒரே தளத்தில் அமைந்தனவாகத் தெரியவில்லை.
(8) ஏதக்குறைய சேன் வடிவ முடையவை.	(8) அதிவனுக்கு பெருதூரம் கிங்குக்குப்போது சேன் வடிவம் பெற்று, அதிவனுக்கு அண்மை திசையில் வரும் போது தலை, மையக்கரு, திண்டவாக என்ற பகுதிகளுடைய உருவமாகத் தோற்றமளிக்கின்றன.
(9) 'அலைத் தொலை'ப்படி (Tidal Wave Theory), ஒரு விண்வீதும் அதிவனுக்கு அண்மைக்கிடை. அண்மையில் வந்தபோது அதிவனில் பொக்கி எழுந்த வாய்ப்பொருள்கள் கிழை சித்தி, உலகம், உலகத்து மோகனாக மாறி, தாயகிய அதிவன் அந்த அறிதிகொண்டே கிங்குக்கின்றன.	(9) அதிவனுக்கு அப்பாற்பட்ட வானவெளியிலிருந்தும் உருவாகி, அதிவன் மண்டலத்தில் புகுந்து, சிவ கோள் அனோடு சரப்பு பெற்று, காலவட்ட மீன்களாகச் சிவ மாறுகின்றன. சிவ காலவட்டம் காலமுடிவான மீன்களாக மாறியும் சிவ மறைத்தும் போய் கிங்குகின்றன. கிங்கு பாதையெய்யே உருவாறிப் போய் வெடித்து மறைத்து விடுகின்றன.
(10) கோள்களின் அடர்த்தியில் பெறுபடுகின்ற உண்டு.	(10) மிக கிமேகனாவை.

### 16-6. வாய் விண்மீன் - மண்ணுலக மோதல்

ஒரு வாய் விண்மீனும் மண்ணுலகமும் தங்கள் பாதைகளில் செல்லும்போது, மோதிக் கொள்ள சூழ்நிலைகள் உண்டா? அப்படி ஒன்றுதான் மோதிக் கொண்டால் என்னவாகும்? என்ற கேள்விகள் எழலாம்.

கிம்மாதிரியான மோதல் 1½ கோடி வருடங்களுக்கொருமுறை ஏற்படவாய்மானக் கணிதக்கப்பட்டிருக்கிறது. நமக்குத் தெரிந்தவற்றைவிட அம்விதமான ஒரு மோதல் மண்ணுலகத்திற்கும் ஒரு வாய்மீனுக்கும் எப்போதாவது ஏற்பட்டாலும்கூட, வாய்மீனின் கீயந்தகையமைப்பு மண்ணுலகத்திற்குப் பெரிய கேடு விளைவிக்கவொத்தனவே கருத கிடமிருக்கிறது. மோதல் ஏற்படும் கீடத்தில் சிதறி விழும் கல், கிரம்பு மணற், மண்ணுலகத்தில் ஒரு சிறிய பகுதியை மட்டுமே தாள் செய்வ முடியுமானாலும், மண்ணுலகில் வாழ் உயிரினங்கள் அனைத்தையும் அழிக்கும் ஆற்றம் வாய் விண்மீன் பெற்றிருந்து (அவ்வாற்றல் கீட்போது உலக வட்டாகக் காலதாமதம் பாதையில் சேயிக்கப்பட்டிருக்கும் அன்று, நீரகக் குண்டுகளுக்கே சிறப்பாக உள்ளது).

ஆனாலும், ஒரு வாய் விண்மீனின் வாய் பகுதி மண்ணுலகத்தைக் குறுக்கிடுமானாலும், ஏதாவது தக்க வாய்ப்பொருள்கள் சில திரும்பகுதி களில் பரவலாக எழியப்பட்டு அவை கேடு விளைவிக்கும் விளைக்கலாம். எனினும், வாய் பகுதி வாயு அடர்த்தி மிகக்குறைவாக இருப்பதால், அம்வித தக்கத் தன்மை கேடு விளைக்கக்கூடிய அளவு கிடைப்பெனவே கூறலாம். 1861-ஆம் ஆண்டில், மண்ணுலகம் ஒரு வாய் வழியாகச் சென்றது; 1910-ஆம் ஆண்டு 'ஹாலி' வாய்மீனின் வாய் வழியாக மண்ணுலகம் பாய்ந்து சென்றிருக்கலாம். ஆனால், கிடைப்பதும் குறிப்பிடத்தக்க அளவு கேடு விளைவித்ததாகத் தெரியவில்லை. 1921-ஆம் ஆண்டு, நாம் முன் குறிப்பிட்ட 'எங்கே' வாய்மீனோடு, மண்ணுலகம் மோதியிருக்கலாம்; ஆனால், மண்ணுலகத்தோடு மோதக்கூடிய சூழ்நிலை ஏற்படுவதற்குச் சில நாள் முன்னரே, 'எங்கே' வாய்மீன் தனது கதிரவன் - அண்டம் நிலையைக் கடந்து, ஆபத்து எஃகையைத் தாண்டி விட்டது.

வாய் விண்மீன்கள்பற்றி ஒரு தனி துறை எழுதுவதற்குரிய செய்திகள் உள்ளன.

### 16-7. எரிமீன்கள், வீழ்மீன்கள் (Meteors and Meteorites)

எரிமீன்கள், வீழ்மீன்கள் எனப்பட்ட வாய்பொருள்கள், வாய் விண்மீன்களோடு நெருங்கிய தொடர்புடையவை. கீட்போது சில ஆண்டுகளுக்கு முன்புதான், எரி, வீழ்மீன்கள்பற்றிய தன்மைகள்

ஒருவரது முடிவு செய்யப்பட்டன. சந்திரன் கிட்டாத கிரவுகனியே இம்மீன்கள் காணப்படும்; சில கிரவுகனிக் அதிகமாகக் காணப்படும். பல எரியீன்கள் சாதாரணமாக நாம் காணக்கூடிய பார்த்தீக்கூடிய விண்மீன்களையில் ஒளி வீசுகின்றன; சில, வெள்ளி, விபரூன் அளவில் ஒளி வீசுகின்றன. தீர்ந்தெழுத்துகள் போல கிடைசு பாய்ந்தோடி வந்து, வரும்போதே ஆவியாக மாறி, பெரிய சத்தத்துடன் வெடித்து விடுகின்றன; பாய்ந்து வரும் இத் தீர்ந்தெழுத்துகள், நூற்றுக்கணக்கான கி. மீட்டர்கள் நாம் காணும் வகையில் ஓடிவந்து மண்ணுலகத்திற்கு 6 முதல் 80 கிலோமீட்டர் வரைப்பட்ட உயரத்திலேயே மறைந்து விடுகின்றன. கிடைசு வெடிக்கும்போது பல்வகைப்பட்ட பொருள்கள் அவிவெறிக்களிகளிலுந்து பீய்த்தெழிவப்படுகின்றன.

பல எரியீன்களை நாம் பார்ப்பதற்கில்லாவிதும், நான்கு நாம் கிடைக்கக் கூண்டான எரியீன்கள் வானவெளியில் வந்துவெண்டே விடுகின்றன. பெரும்பாலும் எரியீன்கள் மண்ணுலக மண்டலத்திற்கு வருவாற்போ எரிந்துபோகின்றன. மண்ணுலகத்தில் வந்துவிடும் எரியீன் தண்டுகள் ஆராயகந்தகம் (carbonite) அல்லது விண் கற்கள் (meteorites) எனப்படும். கிவந்திக் கல், கண்ணாம்புக்கல், கிரும்பு, மக்னீசியா (magnesia) முதலிய பொருள்கள் காணப்படுகின்றன. இவ் விண்மீன்கள் ஒவ்வொன்றும் சில கிராம்கள் முதல் சில மெட்ரிக் டன் வரை எடையாகவ.

## 18-8. எரியீன் வீச்சுமுகம் (Meteor Radiant)

எரியீன்கள் பாதகளை வான கோளத்தின்மேல் கிடங்குறித்தாகி, அவை கிங்குலங்குமரசு சிறுமுகாயாகும், ஒரு தனிச் சிறப்பான புள்ளி வழியாகச் செல்வதைப் பார்க்கலாம். கிர்புகனியின் எரியீன் வீச்சுமுகம் எனப் பெயர். கிர்புகனியின் சிறப்பு மற்றென்று யாதெனின் மண்ணுலகில் எக்காட்சியான பார்த்தீபோதிலும் கிதற்கு ஒரே வல சத்தமும் நடுவரை விளக்கமும் உண்டு. எனவே, கிர்புகனியீன்கள் வெகுதூரத்திலிருந்து கிண்பொருகளினே வருகின்றன வெனத்தெரிகிறது. கிர்புகனியை ஒரே எரியீன் வீச்சுமுகம் உடன எரியீன்கள், ஓர் எரியீன் கூட்டமெனவும் (Meteor Swarm), அக் கூட்டம் மண்ணுலக வளிமண்டலத்தில் வந்து, விண்மீன்கள் கற்கள் மறைபொருளைப் பொழிவிறது எனவும் கூறுவர். கிர்புகன் கூட்டக் கனாக வராமல், தனித்தனியாகவும் சில எரியீன்கள் வரலாம்.

18-9-1. எரியீன் கூட்டங்கள்: சிறப்பாக நான்கு அகிலது இத்து எரியீன் கூட்டங்கள் காணப்படுத்தப்பட்டிருக்கின்றன. அவை யாவன: (1) 'பெர்செயிட்'கள் அகிலது ஆகண்டு மாதக் கூட்டம், (2) 'கைரிட்'கள், (3) 'கிரோனிட்'கள், (4) 'கைபிட்'கள் (Perseids

or the August Meteors, the Lyrids, the Leonids and the Andromedae or the Bielids).

(1) 'பெர்செயிட்'கள் : ஒவ்வோர் ஆண்டும், ஏறக்குறைய ஆகஸ்டு மூலம் அல்லது மீண்டாவது வரத்தில், மண்ணுடைப்பாகை, ஏதோ ஒரு காலத்தில் 'டட்டிக்' என்ற வால் விண்மீன் (Tuttle's Comet) சென்ற பாதையைக் குறுக்கிட்டுச் செல்கிறது. அப்பால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் நிகழும் அப்பாதையில் கழன்று கொண்டேயிருக்கின்றன. எனவே, அந்த மாரியில் (மழையில்) உயரம் செல்வதால், அப்போது ஒரு விண் கீழ்மாரி மண்ணுடைப்பின்மேல் பொழி கின்றது. நிக்மாரி ஏறக்குறைய ஒரு மாதம் நிகழ்கிறது. ஆகஸ்டு 10, 11 தேதிகளில், நிக்மாரி பரப்பதற்கு வழிப் பிகுத்திருக்கும், நிக்மெரியின் கூட்ட வீச்சுறாகம் பெர்செயிட் விண்மீன் மண்டலத்தில் இருப்பதால் தெரியவர, நிக்மெரியின் கூட்டம் 'பெர்செயிட்'கள் (Constellation of Perseids) எனப்படும்.

(2) 'லிரிட்'கள் : *Lyra* (Lyra) என்ற விண்மீன் மண்டலத்தில் வீச்சுறாகம் கொண்ட ஓர் மரீயின் கூட்டம் ஒன்றுண்டு. ஏப்ரல் 20, 21-ஆம் தேதிகளில் அதன் எழும்பிடு வீழ்ச்சி கண்ணாகும்.

(3) 'லியோனிட்'கள் : இதன் வீச்சுறாகம் 'லியோ' (Leo) மண்டலத்தில் இருப்பதால் நிக்மெரியின் கூட்டத்திற்கு 'லியோனிட்' கள் எனப் பெயர். ஏறக்குறைய நவம்பர் 14-ஆம் தாள், மண்ணுடைப் பாகை, ஏதோ ஒரு காலத்தில், 'டெம்பக்' என்ற ஒரு வால் விண் மீன் சென்ற பாதையைக் குறுக்கிட்டுச் செல்கிறது. அப்பால் விண் மீனின் சிதைந்த பகுதிகள் நிகழும் அங்குச் கழன்றுகொண்டிருப்ப தால், அந்த மாரியின் வழியாகச் செல்வதும் மண்ணுடைத்தின்மேல், விண்மீன்கள் பொழியப்படுகின்றன. ஆண்கள் 33½ ஆண்டுகளுக் கொரு முறை, அக்டொபெரியின் கூட்டத்தின் தடுவியேயே, மண்ணுடைப் பாகை அமைவதால், அந்தக் காலவட்டத்தில் நவம்பர் 14-ஆம் தேதிகளில் அக்கல் மழை வெகு ஒளியிழுத்து பொழிவதைக் கண்ணாகும். 1866-67-ம் நித் திவீழ்ச்சி கண்ணப்பட்டது.

(4) 'அண்ட்ரமீடா'கள் : இதன் வீச்சுறாகம் அண்ட்ரமீடா (Andromeda) விண்மீன் மண்டலத்தில் இருக்கிறது. இதன் விசப் பெரிய தீப் பிழம்பு வீழ்ச்சி ஏறக்குறைய நவம்பர் 24-ஆம் தேதி நிகழ்கிறது. 6½ ஆண்டுகள் காலவட்டத்தில் நிக்மாரி விச எழினோரு தோற்றமளிக் கிறது. 'அப்பா' என்ற சிதைந்த வால் விண்மீனின் சிதைந்த பகுதி கள் நிக் விண்மீன் மழைக்குக் காரணம் எனக் கருதப்படுகிறது.

ஏதோ ஒரோர் காலத்தில் விசப் பெரிய விண்மீன்கள்—மழையானில் பெரிய தீப்பிழம்புகளாகத் தோன்றி, வானவெளியில் பறந்துவந்து,

வாக வின்னயின்கன்—எரி, வீடு வின்னயின்கன்

ஆகாயத்தில் வெடிக்கணம். அவற்றினின்றும் சிதறியிலும் வக, திரும்புத் துண்டுகள் பல சதுர கிலோமீட்டர் பரப்பில் வீழக்கூடும். சென்ற 1,00,000 ஆண்டுகளில் ஏதோ மிகச் சில பெரிய எரிமீன்கள்தான் உலகத்தைத் தாக்கியதாகத் தெரிகிறது. அவற்றுள் ஒன்று அமெரிக்காவில் அரிஜோனா (Arizona) தாண்டில் ஒரு பெரிய பள்ளத்தை (crater) ஏற்படுத்தியதாகத் தெரிகிறது. இதன் அளவு ஏறக்குறைய ஒரு கிலோமீட்டர், ஆழம் சில மீட்டர்கள். மற்றொன்று 10,000 ஆண்டுகளுக்கு முன்பு ஊடா பகுதியில் ஒரு பெரும் குழியை உண்டாக்கியது. இதனும், அப்படிப்பட்ட ஊதங்கள் மிக மிகக் குறைவு.

### பகுதி 18

1. கிள்வருவன பற்றிக் குறிப்புடன் எழுதுக :

- (a) காலாட்ட வாக வின்னயின்கன் ;
- (b) 'ஹாவி' வாக வின்னயின் ;
- (c) எரிவீழ்மீன் வீச்சுமுகம் ;
- (d) வாக வின்னயின்களின் தீபக்கப் பாதைகள் ;
- (e) வாகவான்களுக்கும் வாக வின்னயின்களுக்கும் உள்ள ஒற்றுமை வேற்றுமைகள்.

2. வின்னயின் கற்கக்மாரி, ஓசாண்டுக் காலத்தில் குறிப்பிட்ட காலங்களில் பெய்வதற்குக் காரணம் என்ன ?

3. 'கிபொனிட்' மாரி, 300 காலாட்டத்தில் பெய்வதற்குக் காரணம் என்ன ?

4. ஒரு வாக வின்னயின்க் பகுதிவிடப்பற்றி ஒரு குறிப்பெழுதுக.

## 17. சந்திரன், சூரியன் மறைப்புகள் (Lunar and Solar Eclipses)

17-0. நாம் ஓரளவுப் பஞ்சாங்கத்தைப் புரட்டிப் பார்த்தால், அதில் 'மித்த ஆண்டில் ஏற்படும் சந்திர, சூரிய கிரஹணங்கள்' என்ற ஒரு பகுதியிருப்பதைக் காண்கிறோம். அங்கு, குறிப்பிட்ட மித்த மித்தத் தேதிகளில் சூரிய கிரஹணங்களும், மித்த மித்தத் தேதிகளில் சந்திர கிரஹணங்களும் நிகழும் என்றும், அவை நிலவும் காலமும் (மணி நேரம்) முன்கூட்டியே கூறப்பட்டிருப்பதைக் காண்கிறோம். அந்த அந்தத் தேதிகளில், குறிப்பிட்ட சமயங்களில் அந்த கிரஹணங்கள் நிகழ்வதைக் காண்கிறோம். சில சூரிய கிரஹணங்கள் மித்தியாகிய நெடுவாறு எனவும், குறிப்பிட்ட இடங்களில்தான் நெடுவாறு மொளையும் கூறப்பட்டிருக்கும். இவை வரவும் முன்கூட்டியே கணித்துக் கூறுவது வானியல் அறிஞர்களின் தலைசிறந்த ஆற்றலாகனோ? எடுத்தாக்காட்டு. வானியல் அறிவு இவ்வாறு நிலைக்கு வளர்வதற்குப் பல தூறு ஆண்டுசனாக்கு முன்னரே, மண்ணுலகில் பல பகுதியில் வாழ்ந்த மக்கள், கிரஹண நிகழ்ச்சிகளை முன்கூட்டிக் கூறும் அறிவு பெற்றிருந்தனர். கிரஹணங்களைப்பற்றி அவர்களின் 'ஜோசியங்கள்' பிழைத்த திட்டம்.

மித்தப் பகுதியில் இவ்வாறான கிரஹணங்களைச் சந்திரன் மறைப்பு, சந்திரவன் மறைப்பு என்று குறிப்பிடுவோம். சந்திரன் மறைப்பு, சில சமயங்களில் முழுச் சந்திரன் மறைப்பாகவும் (full lunar eclipse), சில சமயங்களில் ஒரு பகுதி மட்டுமே மறைப்புக்குள்ளாவதாகவும் (partial eclipse) ஏற்படும். சந்திரவன் மறைப்புத் சில சமயங்களில் முழுச் சந்திரவன் மறைப்பாகவும், சில சமயங்களில் ஒரு பகுதி மட்டுமே மறைப்பாகவுமிருக்கும்; இன்னும் சில சமயங்களில் தடுப்பகுதி மட்டுமே மறைப்புக்குள்ளாகும் (annular eclipse).

17-1. சந்திரன் மறைப்பு: சந்திரன் தனது பாதையில் பூமி நைபச் சுற்றி வரும்போது ஒரு சமயத்தில் சந்திரவனுக்கும் சந்திரனுக்கும்



சத்திரன், அதிரவன் மறைப்புடன்

மிகையே மண்ணுமகம் வந்தமையும். அப்போது அதிரவனொளி மண்ணுமகம் மேல் விழுந்து அதன் விளைவாக ஏற்படும் பூமியின் திழல் சத்திரன் மீது விழும். அப்போது சத்திரனின் ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுப் பகுதியோ ஒளிபிழந்து தென்படும். அவ்வாறு திழல் மட்டு ஒளிபிழந்து தென்படுவதைச் சத்திரன் மறைப்பு என்று கூறுகின்றோம்.

அதிரவன் மறைப்பு : சத்திரன், தனது பாகதயில் பூமிகைச் சத்திரவரும்போது ஒரு சமயத்தில் அதிரவனாகும் மண்ணுமகிற்கும் மிகையே வந்தமையும். அப்போது அதிரவனின் ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுவதுமோ மண்ணுமகிலிருந்து பார்ப்பவனுக்குச் சத்திரனாக மறைக்கப்படும். அவ்வாறு மறைக்கப்படும்போது, மண்ணுமகம் சில பகுதிகளில் அதிரவனொளி தெரிவதில்லை. இத் திழைச்சிவீணை அதிரவன் மறைப்பு என்று கூறுகின்றோம்.

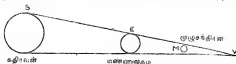
மேலே கூறப்பட்டதிலிருந்து, மண்ணுமகிலிருந்து பார்ப்பவனுக்குச் சத்திரன் நேரேதீர்த்த திசை நிலையில் இருக்கும் சமயம் (பெர்னாமி யன்று) சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் என்றும், கிணைபல் நிலையில் இருக்கும்போது (அமாவாசையன்று) அதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் என்றும் பெறப்படுகிறது.

பெர்னாமியன்று சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கும், அமாவாசையன்று அதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கும் தகுந்த சூழ்நிலை இருக்கிறதென்று தெரிகிறது. ஆனால், ஒவ்வொரு பெர்னாமியன்றும் சத்திரன் மறைப்பு நிகழ்வதில்லை; ஒவ்வொரு அமாவாசையன்றும் அதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை—ஏன்?

அதிரவன் பயணத்தளமும், சத்திரன் பயணத்தளமும் ஒதுக்கி விடுக்குமானால், ஒவ்வொரு பெர்னாமிக்கும் ஒரு சத்திரன் மறைப்பும், ஒவ்வொரு அமாவாசைக்கும் ஒரு அதிரவன் மறைப்பும் ஏற்படக்கூடும். ஆனால், சத்திரன் பாகதத் தளம், அதிரவன் பாகதத் தளத்திலிருந்து சராசரி 5°2' சாய்ந்து இருப்பதால், ஒவ்வொரு திசையிலும் அதிரவன் சத்திரன் மறைப்புகள் நிகழ்வதில்லை. அப்படியெனின், அப்போது இம் மறைப்புகள் நிகழக்கூடும் என்ற கேள்வி எழுகின்றது. சத்திரன் மறைப்புக்குப் பெர்னாமி மட்டுமல்லாமல் மற்றோர் சூழ்நிலையும் தேவைப்படுகிறது. அவ்வாறே அதிரவன் மறைப்புக்கு, அமாவாசை மட்டுமல்லாமல் மற்றோர் சூழ்நிலையும் தேவைப்படுகிறது. அச் சூழ்நிலைகள் என்ன?

17-1-1. சத்திரன் மறைப்புக்குரிய சூழ்நிலையைப் பார்ப்போம்: படம் 17-1-1 (1)-ல், அதிரவன் ஒளி, மண்ணுமகம் E-ன் மேல் படுகும் போது SEV என்ற திழ்ந்தகம்பு உருவாகிறது. முழுச் சத்திரன் (3)

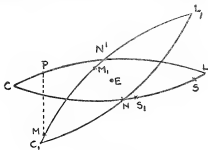
நிழற்கூம்பின் பகுதியான  $EV$  என்ற பகுதியில் சிக்கினால்தான், மூலச் சந்திரன் மறைத்து சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுகிறது. இதைத் குத்தினை ஒம்பொரு பெண்ணையிலும் உருவாக்கித்தீர்; ஊரணம், சந்திரன்



படம் 17-1-1 (i)

பாதை  $5^\circ$  கிளவில் சந்திரன் பாதைக்குச் சாய்ந்திருப்பதே. (இச் சாய்வு நிலையானதில், அதாவது சந்திரன் பாதையும் சந்திரன் பாதை யும் ஒரேக்ருமாவில், ஒம்பொரு பெண்ணையிலும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பு நிகழும்.) இதைச் சற்று விவரமாகப் பார்ப்போம்.

படம் 17-1-1 (ii)-ல்  $GL$  என்பது சந்திரன் பாதை;  $G_1L_1$  சந்திரன் பாதை;  $N, N'$  என்பவை சந்திரன் பாதையின் கணுக்கள் (Moon's nodes).



படம் 17-1-1 (ii)

ஒரு பெண்ணையிலும், சந்திரவனுக்கும், சந்திரனுக்கும் உடன் நேட்டாக்கு வேறுபாடு  $180^\circ$  என நமக்குத் தெரியும். அன்று  $S$ -ல்

சத்திரன், சத்திரவன் மறைப்புரை

சத்திரவனும்  $M$ -ம் சத்திரனும் இருப்பதாகக் கொள்க.  $\angle L P = 180^\circ$  என்பது சரியாகும்.

$S$ -ன் ஒளி மண்ணுமடம்  $E$ -ன் மேல் விழும்போது உருவாகும் நிழற்கூம்பில்,  $M$  சிக்க முடியாது. எனவே, பெண்ணையிவனும், சத்திரன் மறைப்பு நிழல்கூடிய சூழ்நிலை இல்லை.

மற்றும் ஒரு பெண்ணையிவனது சத்திரவன்  $S_1$ -னும் சத்திரன்  $M_1$ -னும் இருப்பதாகக் கொள்க. அப்போது நிழற்கூம்பில்  $M_1$  சிக்கக்கூடிய சூழ்நிலை ஏற்படலாம்.

எனவே, பெண்ணையிவனது சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படத் தேவை யான மற்றொரு சூழ்நிலை என்னவென்பது கிரப்போது விளங்குகும்.

$N$  என்ற கணுவிற்கு வெகு தூரத்தில்  $S$ -ம்,  $N'$  என்ற கணுவிற்கு வெகுதூரத்தில்  $M$ -ம் இருந்த பெண்ணையி நிழற்றாவி சத்திரன் மறைப்பு ஏற்பட விடலாம். ஆனால்  $N$ -க்கு மிக அண்மையில் சத்திரவனும்,  $N'$ -க்கு மிக அண்மையில் சத்திரனும் இருந்து, பெண்ணையி நிழற்றாவி சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாகலாம். (கிட்ட விதமான வசமான சூழ்நிலை ஒவ்வொரு பெண்ணையிக்கும் உருவாவதில்லை.)

எனவே, பெண்ணையிவனது, சத்திர கணுக்களுக்கு மிக அண்மை யில் சத்திரவனும், சத்திரனும் இருக்குமானால் சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படக் கூடும் என்ற முடிவு பெறப்படுகிறது.  $M_1$ -ம் சத்திரன் இருக்கும்போது, அதன் விண் அகலங்கு மிகக் குறைவு என்பது தெரியு.

எனவே, மூத்தப்படியாகச் சத்திரன் மறைப்புக்குவந்த சூழ்நிலை யாதெனின்,

(i) பெண்ணையிவன் இருக்கவேண்டும்;

(ii) சத்திரன் அல்லாங்கு மிகச் சிறியதாய் இருக்கவேண்டும்.

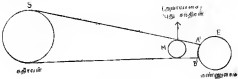
(அதாவது சத்திரவனும் சத்திரனும் எதிர் எதிர்ச் கணுக்களுக்கு மிக அண்மையில் இருக்க வேண்டும்.)

17-1-2. சத்திரவன் மறைவுக்குரிய சூழ்நிலையைப் பார்ப்போம்: படம் 17-1-3 (i) க் மூலச் கூறியபடியே விளம்பொருள்களைக் கொள்க.

அவ்வாறாய்வுத்து சத்திரன், சத்திரவனுக்கும் மண்ணையிக்கும் கிடைப்பிட்ட கிணையல் நிலையில் உள்ளது. அப்போது சத்திரவனொளி, சத்திரன் மேல் படுவதால் ஏற்படும் நிழற்கூம்பு, மண்ணையிவன்  $A'B'$  என்ற பகுதியில் பெட்டுகிறது. மண்ணையிவன்  $A'B'$  என்ற பகுதியில் உள்ள மக்களுக்கு மட்டும், சத்திரவனொளி, சத்திரனும் மறைக்கப்படுவ

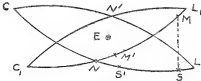
தனி, அப்பகுதியில் உள்வரிகள் ஒரு சதிரவன் மறைப்பு நிழற்சரி வயக் காண்கின்றனர்.

இந்தச் சூழ்நிலை ஒவ்வோர் அமாவாசையிலும் உருவாகிறதில்லை என்பது, மூன் கூறப்பட்டபடியே விளக்கப்படும்.



படம் 17-1-2 (i)

படம் 17-1-2 (ii)-ல்  $CL$  சதிரவன் பாதை;  $C_1L_1$  சந்திரன் பாதை;  $N, N'$  சந்திரன் ஊடுகைகள்.



படம் 17-1-2 (ii)

ஒர் அமாவாசையன்று, சதிரவனுக்கும் சந்திரனுக்கும் சமமான நெட்டாக்கு நிலை, அதாவது, கிரீனயம் நிலையில் நெட்டாக்கு வேறுபாடு பூச்சியம் என நமக்குத் தெரியும்.

$N$ - $N'$  அல்லது  $N'$ - $N$  வேறு தூரத்தில்  $S$ -ம்,  $M$ -ம் இருந்து அமாவாசையாகும்போது மண்ணுலகில் ஒரு பகுதியிலும் சதிரவன் ஒளி மறைவாது, சதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட மிவ்வாது. ஆனால், ஒரு ஊடுகைக்கு மிக அண்மையில்  $S'$ -ம்,  $M'$ -ம் இருந்து அமாவாசையாகும், மண்ணுலகில் ஒரு பகுதிக்குச் சதிரவன் ஒளி மறைவு ஏற்படக்கூடிய சூழ்நிலை உருவாவதாம். (இந்த விதமான வரலாறு சூழ்நிலை ஒவ்வோர் அமாவாசைக்கும் உருவாகிறதில்லை.)

சத்திரம், சதிரவன் மறைப்புகள்

எனவே, அமரவாகையாக ஏதாவதொரு கணுவிற்கு மிக அண்மையில் சதிரவனும் சத்திரனும் இருக்குமானால் சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படக்கூடும்.

$M'$ -ல் சத்திரம் இருக்கும்போது அதன் மின் அலைக்கு மிகக் குறைவு.

எனவே, முதற்படியாகச் சதிரவன் மறைப்புக்குத்தான் குழிநிலை யாதெனின்,

(i) அமரவாகையாக இருக்க வேண்டும்; (ii) சத்திரம் அலைக்கு மிகச் சிறிவதாய் இருக்கவேண்டும். (அதாவது சதிரவனும் சத்திரனும் ஏதாவதொரு கணுவிற்கு மிக அண்மையில் இருக்கவேண்டும்.)

எனவே, சத்திரம் ஒரு-சத்திரக் கணுவிலே அல்லது போதுமான அளவு சத்திரக் கணுக்களுக்கு அருகிலே இருக்கும்போது முழுமதியம் (பெர்னாமி) ஆனல் சத்திரம் மறைப்பும், அமரவாகையானால் சதிரவன் மறைப்பும் ஏற்படும்.

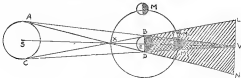
17-2. சதிரவனெனிக் காரணமாக ஏற்படும் பூமியின் நிழற்கூம்பு

படம் 17-2-ல்  $S, E$  மீண்டும் மூன்றாவது சதிரவன், மண்ணுலக மையக்களைக் குறிக்கட்டும். சதிரவன், மண்ணுலகு மீண்டடிக்கும் வகையடப்பட்ட நேரப்பொதுத் தொடுவகைகள்  $AB, CD$  மீண்டும்  $SE$ -ன் திட்டக்  $V$ -ல் வெட்டட்டும். மேலும் அங்கிரு வாய்ப்பாகுள் அணுக்கு கிடைவே வகையடப்பட்ட குறுக்குப் பொதுத் தொடுவகைகள்  $AD, BC$  மீண்டும்  $SE$  இ  $X$ -ல் வெட்டட்டும். இத் தாக்கு தொடு வகைகளும்  $SEV$  அச்சைக்கொண்டு கையுள்ளும்,  $VE$  மூலையாகக் கொண்ட ஒரு கூம்பும்,  $X$  இ மூலையாகக்கொண்ட மற்றொரு கூம்பும் கிடைக்கும்.  $VE$  மூலையாகக்கொண்ட கூம்புப் பகுதியான  $BVD$ -ல் சதிரவனின் ஒளிக்கதிர்கள் விழுவதில்லை. அப்பகுதி இருண்டு காணப்படும். அப்பகுதியிலைக் குறுநிறம் (umbra) என்று கூறுகின்றோம்.

மேலும்  $VBL, VDN$  பகுதிகளில் சதிரவனின் ஒளிக்கதிர்கள் முழுவதும் விழுவதில்லை. ஏதேனும் ஒரு பகுதியின் ஒளிக்கதிர்களே விழுகின்றன. எனவே, அப்பகுதிகள் மீண்டும் குறுநிறம் போன்ற முழுவதும் இருண்டோ, மற்றப் பகுதிகளைப்போல முழுவதும் பிரகாச மாகவோ இருப்பதில்லை. அப்பகுதிகள் மீண்டும் ஒளி குறைந்து காணப்படும். எனவே, மீட்பகுதியிலைக் குறைநிறம் அல்லது புதநிறம் (penumbra) என்று கூறுகின்றோம்.

சத்திரம் பாதை மண்ணுலகைச் சுற்றி வரும்  $M_2, M_1, M$  என்ற வட்டங்களும். சத்திரம்  $M_2$ -ல் இருக்கும்போது முழுமதியம்

(பொன்னாமி) ஆகும். ஆனால், சந்திரன் கருநிலையில் இருப்பதால் சந்திரன் முழுதும் கருமையாகியிருக்கும். எனவே, சந்திரன் மறைப்பதைக் காணலாம்.  $M_1$ -ல் சந்திரன் இருக்கும்போது அது குகைநிலையில் அல்லது புறநிலையில் இருக்கின்றது. அப்போது சந்திரனிலிருந்து பருதி A-க்கு அருகில் உட்கா ஒளிக்கதிர்கள் விரும்பும்; பருதி C-க்கு அருகில் உட்கா ஒளிக்கதிர்கள் விரும்பாதிருக்கும். எனவே, சந்திரன்  $M_1$ -ல் இருப்பது போல் முழுதும் மறைந்ததோ  $M_2$ -ல் இருப்பதுபோலக் ஒளி பெற்றே இருப்பதினும்.  $M_2$ -ல் இருக்கும்போது ஒளி மங்கித் காணப்படும்.

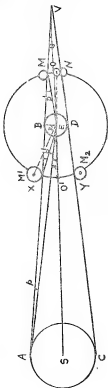


படம் 17-2

எப்படி இருப்பினும் சந்திரன்  $M_1$ -ல் இருக்கும்போது அதைச் சந்திரன் மறைப்பு என்று கூறுவதினும். சந்திரன் கருநிலையில் தாமதமும்போது நான் சந்திர மறைப்பு ஆரம்பமாகிறது. கருநிலை பருதியில் சந்திரன் இருக்கும்வரையில் மறைப்பு நீடிக்கிறது; முழுவதும் சந்திரன் கருநிலை பருதியை விட்டு வெளிப்பெதியின் மறைப்பு முடிவிறது எனக் கூறப்படும்.

17-2-1. நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக்கோணம் காணல் : படம் 17-2-1-ல் மண்ணுரை அரைவிட்டமானது சந்திரன்  $M_1$ -ல் தங்கும் கோணம்  $BME$  என்பது சந்திரன் புவிமையத் தொற்றப்படுகை  $p'$ . அம்மாதிரி மண்ணுரை அரைவிட்டமானது சந்திரவளில் தங்கும் கோணம்  $BAE$  சந்திரவள புவிமையத்தொற்றப்படுகை  $p$ . சந்திரவளின் அரைவிட்டமானது மண்ணுரை மையம்  $E$ -ல் தங்கும் கோணம்  $AES$ , சந்திரவளின் கோண அரைவிட்டம்  $s$ . நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக்கோணம்  $AVSB$  ஓ எனக் கொள்வோம்.

முக்கோணம்  $AEV$ -ல்  $s-p=AVS$ =நிழற்கூம்பின் பாதி உச்சிக் கோணம்  $\theta$ .  $\therefore \theta=s-p$ . மிகு  $\theta$ -ன் மதிப்பு  $s$ ,  $p$ -ன் மதிப்புகளின் சர்ட்டாகப் பெறப்படுகிறது.  $s$ ,  $p$ -விரண்டும் மாநிலக் ஆதாரக்  $\theta$ -ம் ஒரு மாநிலமாகும்.  $s$ ,  $p$ -ன் சராசரி மதிப்புகள் முறையே  $16^\circ$ -ம்  $8''.79$  ஆகும். எனவே,  $\theta$ -ன் சராசரி மதிப்பு  $16^\circ - 8''.79 = 15^\circ 51''.21$  ஆகும் ; ஆதாரக் அளவில்  $15^\circ 51''.21 = \frac{1}{2} \frac{1}{16}$  தொரையாக.



படம் 17-2-1

மூலக்கோணம்  $BVE$ -ல்,  $\sin \theta = \frac{BE}{EV}$  அதாவது சூரியவாயை  $\sin i = \frac{BE}{EV}$ .  $BE = 3960$  கைம் (5736 கி.மீ.); எனவே,  $EV$ -ன் மதிப்பு சூரியவாயை 3,55,000 கைம்-கள் (13,88,000 கி.மீ.). மண்ணுலகிலிருந்து சந்திரனில் குறைந்த சூரிய சூரியவாயை, 2,38,860 கைம்-கள் (3,82,176 கி.மீ.). எனவே,  $BE$  குத்திரையில் சந்திரன் எப்போதும் திழ்ந்திருக்கின்ற உட்கி VBE தான் அதை உருவிலிருந்து சிவந்து தப்பிக்க முடியாது.

17-2-2. குறுக்குவெட்டுகள்  $MN$ ,  $XY$ -புவிமையத்தில் தாங்கும் கோணங்கள் காண்க:  $M\hat{E}N=2\alpha$  எனவும்  $X\hat{E}Y=2\beta$  எனவும் கொள்க.  $MN$ ,  $XY$ -ன் மையப்புள்ளிகள்  $O$ ,  $O'$  எனக் கொள்க. அப்போது  $M\hat{E}O=\alpha$ ,  $X\hat{E}O'=\beta$ .

$$\begin{aligned}\text{குக்கோணம் } M\hat{E}V\text{-ல் } \alpha &= p' - \theta \\ &= p' - (s - p) \quad [17-2-1\text{-ன்படி}] \\ &= p' + p - s \\ &= 57' + 8'' - 72 - 16' \quad (\text{சராசரி மதிப்புகள்})\end{aligned}\quad (1)$$

$$\text{எனவே } \alpha\text{-ன் மதிப்புத் தொகையாக } 41'9''. \quad (2)$$

அகலவரே

$$\begin{aligned}\Delta X\hat{E}V\text{-ல் } \beta &= p' + \theta \\ &= p' + (s - p) \\ &= 57' - 8'' - 79 + 16' \quad (\text{சராசரி மதிப்புகள்}).\end{aligned}\quad (3)$$

$$\text{எனவே } \beta\text{-ன் மதிப்புத் தொகையாக } 72'51''.$$

17-3. சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கான நிபந்தனைகள்

சத்திரனின் ஒரு பகுதியோ அல்லது முழுவதுமோ கருதிழுதுக்குள் சென்றவுடன், செந்துள்ள அப்பகுதி முழுவதும் கருமைநிறம் பெற்று விடுகிறது.  $MN$  என்ற வெட்டுமுகத்தின் கோண அகரவிட்டம்  $(41'15'')$  சத்திரனின் கோண அகரவிட்டத்தைவிட  $(16'')$  மிகப் பெரியதாக இருப்பதால் சத்திரன் முழுவதும் கருதிழுவிறார் செல்ல வாய்ப்பு வர இருக்கின்றன. எனவே, சத்திரன் முழுவதும் துகையுத்தபோது சத்திரன் முழு மறைப்பும், ஒரு பகுதி மட்டும் துகையுத்தபோது சத்திர பகுதி மறைப்பும் ஏற்படுகின்றன.

சத்திரன்  $N\hat{E}$ த் தொடும்போது சத்திரன் மறைப்பு ஆரம்பமாகிறது. அந் நிலையில் சத்திரனும் புக்கி  $O$ -வும் சந்தேகக்குதலையொரே திகையில் இருக்கின்றன. எனவே, காட்சியளவனுக்குத் தெரியலும் சத்திரனும் நேரிதர்த்தினசையில் இருக்கின்றன. எனவே, அன்று முழுமதியமாகிறது. மேலும்  $SEV$  என்ற கோடும் தெரவன் பாதைத் தளத்திலேயே உகன்று. எனவே, சத்திரமையத்திலிருந்து அசை  $EV$ -க்கு உகன் தூரம் சத்திரனின் அகரங்கு ஆகும். சத்திரன்  $N\hat{E}$ த் தொட்டுக்கொண்டிருக்கும்போது அதன்  $\alpha + s' = 41'9'' + 15'30'' = 56'39''$

எனவே, சத்திர மறைப்பு ஏற்பட நிபந்தனைகள் :

- (i) பெயர்ணயிலாக இருக்க வேண்டும்;
- (ii) சத்திரனின் விண் அகரங்கு  $\alpha + s'$ -க்குத் குறைத்து இருக்க வேண்டும்.



சந்திரன், சந்திரன் மறைப்புகள்

குறிப்பு : வளிமண்டலக் கலப்பின் விளைவாக  $MN$  என்ற வட்டமூலக வட்டத்தின் விட்டம் 2 சதவிசிறம் விரிவடைகிறது என்ற அடிப்படையில்  $s-s'$  மதிப்பாகிய  $41'9''88$  2 சதவிசிறம் மிகுதிப் படுத்திக் கவரானுவது மரபு. கவரானும் மதிப்பு

$$s_0 = \frac{51}{55} \times 41'9'' = 41'9'' \text{ அல்லது } 41'54''$$

$$\text{எனவே } s+s'-\text{க்குப் பதிலாக } s_0+s' = 41'9'' + 15'5'' \\ = 57'4''$$

$$(\text{அல்லது}) = 57'24''$$

என்ற மதிப்பை ஏற்பது வழக்கிலுள்ளது.

ஆகவே, மூன் கூறிய நிபந்தனைகளைச் சந்து மாற்றி, சந்திரன் மறைப்புக்குரிய நிபந்தனைகள் :

- (I) பெர்னாமியனாகக் கவண்டும் ;
- (II) சந்திரனின் விண் அகலங்கு ( $s_0+s'$ )-க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும்.

மேற்கூறிய நிபந்தனைகள் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்கு மட்டுமே பொருத்தம்.

சந்திரன் மறைப்பு முழுநிலையும் இருக்கவேண்டுமாயின், சந்திரனின் அகலமும்  $N$  க்குத் தொடரவேண்டும். அதற்குரிய நிபந்தனையை எளிதில் பெறலாம்.

அப்போது சந்திரன் மையத்தின் அகலங்கு  $s_0-s'$ -க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும். படம் 17-2-1-ல் பார்த்தால் அது தெரிய வரும்.  $s_0-s' = 41'9'' - 15'5'' = 26'4''$ . எனவே, சந்திரன் மறைப்பு முழுவதும் ஏற்படவேண்டுமானால் கிண்தும் அது பெர்னாமியனாகு அல்லாத கிண்தும் அனாமயிலிருந்து அதன் அகலங்கு  $26'4''$ -க்குக் குறைந்திருக்க வேண்டும். எனவே, சந்திரனின் விண் அகலங்கு  $26'4''$ -க்கு மேற்பட்டு  $57'4''$ -க்கு மேற்படாமல் இருந்தால், பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பு (Partial Lunar Eclipses) மட்டுமே திகழும்.

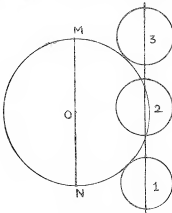
ஆனால், சந்திரன் மறைப்பு ஆரம்பிக்கும்போது, பகுதி பகுதியாகவே மறைப்பு ஏற்படும். முழு மறைப்பு முகக்குறிப்பிட்ட நிபந்தனைகள், கிண்து ஏற்படலாம்; அந்த நிபந்தனை நிறைவேற விடப்படாவிடில், சந்திரன் மறைப்பு, பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பாகவே முடிந்துவிடும்.

கிப்போது கிதவரை கண்ட முடிவுகளை எல்லாம் தொகுத்து மறுபடியும் கூறுவோம்.

சந்திரன் மறைப்புக்குரிய நிபந்தனைகள் :

- (1) பெளர்ணமியுள் திருக்கவேண்டும் ;
- (2) அப்பெளர்ணமி தினத்தன்று சந்திரனின் அமைப்பு,
  - (a)  $(\alpha_0 + \epsilon')$ -க்கு மேற்படின் மறைப்பு ஏற்படாது ;
  - (b)  $(\alpha_0 + \epsilon')$ -க்குச் சமமாக இருப்பின், மறைப்பு ஆரம்பிக்கும் அல்லது மறைப்பு முடியும் ;
  - (c)  $(\alpha_0 + \epsilon')$ -க்குக் குறைந்தும்,  $(\alpha_0 - \epsilon')$ -க்கு மேற்பட்டும் இருப்பின் பகுதிச் சந்திரன் மறைப்பு மட்டுமே ஏற்படும் ;
  - (d)  $(\alpha_0 - \epsilon')$ -க்குக் குறைந்திருப்பின் முழுச் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் ;
  - (e)  $(\alpha_0 - \epsilon')$ -க்குச் சமமாக இருப்பின் முழுச் சந்திரன் மறைப்பு ஆரம்பிக்கும் அல்லது முடியும்.

17-3-1. சந்திரன் குறை, முழு, மைய மறைப்புகள் (Partial, Total and Central Lunar Eclipses) : வெட்டுறாகம்

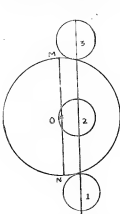


படம் 17-3-1 (1)

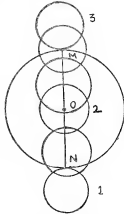
சத்திரம், சத்திரவன் மறைப்புகள்

$MN$ -ல் சத்திரம் பாதைக்கு கிணையான ஒரு கிட்டம்  $MN$  எனவும் அதன் கையம்  $O$  எனவும் கொள். படம் 17-3-1 (i)-ல் காட்டப்படுகிற சத்திரம் வெட்டுமுகத்தின் கருதிமுற் பகுதியில் ஒர் ஒளயாகச் சென்று கருதிமுற் பகுதியைக் கடத்துகிட்டம் சத்திரம் குறை மறைப்பு மட்டுமே திகழும்.

படம் 17-3-1 (ii)-ல் காட்டப்படுகிற  $MN$  என்ற கிட்டத்திற்குப் போதுமான அளவு அருகில் சத்திரவின் முழுப் பகுதியும் கருதியில் புதுத்து வெளியேறாமலின், கிங்குச் சத்திரம் குறை மறைப்பில் ஆரம்பமாகி, சத்திரம் முழு மறைப்பு ஏற்பட்டுப் பின்னர் குறை மறைப்பில் முடிகிறது. ஆனால், கிங்குச் சத்திரம் பாதை கையம்  $O$  வழியாகச் செல்லுகிறேன் என்பதைக் காண்க.



படம் 17-3-1 (ii)



படம் 17-3-1 (iii)

படம் 17-3-1 (iii)-ல் காட்டப்படுகிற சத்திரவின் பாதை,  $MN$ -உடன் ஒன்று செருமானும் சத்திரம் கருதிமுறிலும் செல்லும் போது ஒரு சமயத்தில் வெட்டுமுகத்தின் கையமும் சத்திரவின் கையமும் ஒன்றுகிணையும். கிணையு.ஒற்படும் மறைப்பினால் சத்திர

கமல மகாநடுபு என்று கூறுகின்றோம். கிங்கமும் மகாநடுபு சூறை மகாநடுபிற் சூரம்பமரசின் சத்திர மூல மகாநடுபு ஏற்பட்டுப் பின்னர் சூறை மகாநடுபிற் மூடிக்கிறது.

மூன்று படங்களிலும் (1) என்ற நிலை சத்திரன் மகாநடுபின் சூரம்பத்தையும், (3) என்ற நிலை சத்திரன் மகாநடுபின் மூடிவையும் காட்டுகிறது; (2) என்ற நிலை சத்திரன் மகாநடுபின் தடுப் பொழுதைக் குறிக்கிறது. எனவே, சத்திரன் மகாநடுபு தீயுக்கும் நேரம் சத்திரன் (1)-லிருந்து (3)-க்குச் செல்ல எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் ஆகும்.

மீள் படங்களிலிருந்து சத்திரன் மகாநடுபு கமலமரசை கிருகீகரம் போதுதான் மகாநடுபின் தீயுப் பீர்ப்பெருகக்காலம் பெறமெனத் தெரிகிறது. படம் 17-3-1 (iii)-ல் (1) என்ற நிலை சத்திரன் மூல மகாநடுபு சூரம்பமாவதையும், (3) சத்திரன் மூல மகாநடுபு மூடிவதையும் குறிக்கிறது. எனவே, அதற்கு கிடைப்பட்ட காலத்திற் சத்திரன் மூல மகாநடுபு கிருகீகரம் என்பது தெளிவு.

சத்திரன் நிலை (1)-லிருந்து நிலை (3)-க்குச் செல்லும் காலம் மொத்தமாகச் சத்திர மகாநடுபு உள்ள காலமாகிறது. அக் காலம் கமல மகாநடுபு ஏற்படுகின்றது பீர்ப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது எனப் பார்க்கிடுகும்.

புள்ளி O, சதிரவனுக்கு நேரெதிரே எப்போதும் இருப்பதாக, சதிரவனுடைய வேகத்தினாலேயே புள்ளி O-வும் நகர்ந்துகொண்டிருக்கிறது. எனவே, புள்ளி O-ஐ நிலையாகக் கொண்டாக சத்திரனின் வேகம் மணிக்கு 30 கிலோகளாகும். எனவே, சத்திரன் மகாநடுபுக் காலம்  $\frac{2 \times (x_0 + x')}{30}$  மணிகள் எனக் கணிக்கலாம்.

17-3-2. பின் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பட்டியலிலுள்ள மதிப்புக்கள், சத்திரன், சதிரவன் மகாநடுபுக் காலங்களைக் கணிப்பதற்கும், அம் மகாநடுபுகளைப் பத்திய மற்றும் பல விதினைப் பெறுவதற்கும் பயன்படும். (ஆனால் கிம்மதிப்புக்களை மனப்பாடம் செய்ய வேண்டிய தில்லை.)

குறிப்பீடுகள் :

p — சதிரவனின் புவிமையத் தொடுவானப் பிணை

p' — சத்திரனின் புவிமையத் தொடுவானப் பிணை

s — சதிரவனின் கோண அளவுவிட்டம்

s' — சத்திரனின் கோண அளவுவிட்டம்

n — மண்ணுலகத்தாக வினைவிக்கப்படும் நிறுதகம்பின் பாதிக் கோணம்.

சந்திரன், சந்திரவன் மறைப்புகள்

$p, p', s, s'$  என்பவை மாநிலங்களில்; அண்மை, சேய்வை நிலைகளை பொட்டி அவை மாறுகின்றன. பெரும்பாலும், அவற்றின் சராசரி மதிப்புகளை நாம் பயன்படுத்துகிறோம்;  $p$ -ன் மதிப்பு மிகச்சிறிதளவை யாக, அதன் மதிப்பை எப்போதும் சராசரி மதிப்பாக ஏற்கலாம்.

	மீட்பெரு மதிப்பு	மீச்சிறு மதிப்பு	சராசரி மதிப்பு
சந்திரவன் புவிமையப் பிணை- $p$			$8'' \cdot 79 = 0' \cdot 15$
சந்திரன் புவிமையப் பிணை- $p'$	$61' \cdot 5$	$52' \cdot 5$	$57'$
சந்திரவன் கோண அகரமீட்டம்- $s$	$16' \cdot 3$	$15' \cdot 8$	$16'$
சந்திரன் கோண அகரமீட்டம்- $s'$	$16' \cdot 8$	$14' \cdot 7$	$15' \cdot 5$

17-3-3. சந்திரன் மறைப்புகள் காலம் கணித்தல் (Calculation of the duration of a Lunar Eclipse): மறைப்புக் காலம்  $\frac{2(s_0 + s')}{30}$  மணி நேரம் எனக் கொண்டு சந்திரன் மறைப்புக் காலத்தின் மீட்பெரு மதிப்பையும், சந்திரன் மூல மறைப்புக் காலத்தின் மீட்பெரு மதிப்பையும் கணிக்கலாம். மறைப்புக் காலம்,  $\frac{2(s_0 + s')}{30}$  மணிகள் எனக் கொண்டு,  $s_0$   $s'$  கிரகமற்றும் உள்ள மீட்பெரு மதிப்புகளை எடுசெய்து மூலம் சந்திரன் மறைப்பின் மீட்பெருக் காலம் கணிப்போம்.

$$s_0 = \frac{51}{50} [p' + p - s]$$

$p', p$ -க்கு மீட்பெரு மதிப்பையும்,  $s$ -க்கு மீச்சிறு மதிப்பையும் எடுசெய்க.

$$\begin{aligned} \therefore \text{மீட்பெரு } s_0 &= \frac{51}{50} [61' \cdot 5 + 0' \cdot 15 - 15' \cdot 8] \\ &= \frac{51}{50} (45' \cdot 85) \\ &= 46' \cdot 77 \end{aligned}$$

$$\therefore \text{மீட்பெரு } s' = 16' \cdot 8$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{மீட்பெரு சந்திரன் மறைப்புக் காலம்,} \\ &= \frac{2[46' \cdot 77 + 16' \cdot 8]}{30} \text{ மணிகள்} \end{aligned}$$

$$= 2 \times \frac{63.57}{30} \text{ மணிசுள்}$$

$$= 4 \text{ மணி } 14 \text{ நி } 16.3 \text{ வி.}$$

மீட்பெரு முழுச் சத்திரன் மறைப்புக் காலம்

$$\frac{2(s_0 - s')}{30} = \frac{2[45^{\circ}77' - 14^{\circ}7']}{30} \text{ மணிசுள்}$$

$$= \frac{2 \times 32.07}{30} \text{ மணிசுள்}$$

$$= 2 \text{ மணி } 8 \text{ நி } 16.3 \text{ வி.}$$

குறிப்பு (i) : இன்னும் மிகச் சரியாகக் கணிக்க வேண்டுமாயின் சத்திரனின் சர்ப்பேகம் மணிக்கு  $\frac{360^{\circ}}{29.53} \times 24 = 30^{\circ}.3$  எனக் கொண்டு கணிக்க வேண்டும்.

குறிப்பு (ii) : பெண்ணாமிவந்து சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் அது மண்ணுலகில் ஒரு பாதிப் பகுதி, அதுவது கிரவு பெற்று முழுமதியம் தோன்றும், மண்ணுலகப் பாதப் பகுதியில் தெரியும். ஆனால், மண்ணுலகமோ தன்னைத் தானே சுற்றிப்பெயர்ந்துவதாக, சத்திரன் மறைப்பு மண்ணுலகில் பாதிக்கு மேற்பட்ட பகுதியில் தெரிய வாய்ப்புகளது (பாதிக்கு மேல் 0.07 முதல் 0.08 வரை).

17-4-1. படம் 17-2-1-ல் சத்திரன் மையம் தனது திவகப் பாதையில்  $M_1$  என்ற கிடத்திற்கு வந்து  $XY$  என்ற அதை வழியாகச் செல்லும்போது சுதிரவனொளி சத்திரன் மேல் படுகிறது. அப்போது உருவாகும் நிழற்கூம்பின் ஒருநிழற்பகுதி மண்ணுலகில் ஒரு பகுதியைச் சத்திரக்கும்போது [படம் 17-1-2 (i) காண்க] அப்பகுதியை  $A'B'$ -க்கு, சுதிரவன் மறைக்கப்படுகிறது.

சத்திரன் மையம்  $M_1$ -ல் உள்ளபோது சுதிரவன் மறைவு ஆரம்பமாகிறது; ஆரம்பித்து, மறுபடியும் சத்திர மையம்  $M_2$ -க்கு வந்து சென்றபிறகு, சுதிரவன் ஒளி மண்ணுலகில் தெரிகிறது. எனவே, சுதிரவன் மறைப்பு மண்ணுலகில் ஒரு பகுதியில் ஆரம்பமாகச் சத்திரன் மையத்தின் அகலங்கு  $M_2O'$ -க்குச் சமமாக இருக்கவேண்டும்.

$$M_1O' = s' + X.E.S$$

$$= s' + \beta$$

$$= s' + (p' - p + s) \quad [17-2-2 (3)\text{-அடி}]$$

ஆகவே, சுதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுவதற்குரிய நிபந்தனைகள் கிரண்டு :

(i) அமாவாசையாடிகுக்க வேண்டும்.

(ii) சத்திர மையத்தின் அகலங்கு  $(\beta + s')$  அல்லது  $(p' - p + s) + s'$ -க்குக் குறைத்திருக்க வேண்டும். சராசரி மதிப்பு களைக் கொண்டாக,

$$\begin{aligned}\beta + s' &= (p' - p + s) + s' \\ &= (53' - 0' \cdot 15 + 16') + 15' \cdot 5 \\ &= 88' \cdot 35 \\ &= 1^{\circ} 28' \cdot 35\end{aligned}$$

சத்திரன் மறைப்புக்குரிய  $\angle \alpha + s'$  என்ற நிபந்தனையைக் கதிரவன் மறைப்புக்குரிய  $\angle \beta + s'$  என்ற நிபந்தனையோடு ஒப்பிட்டுப் பார்த்தால்  $\alpha + s' < \beta + s'$  எனத் தெரிகிறது; ஏனெனில்  $\alpha < \beta$  என நாம் எண்ணலாம். ஆகவே ஒரு சூழிப்பட்ட கால கிடைவெளியில் சத்திரன் மறைப்பைவிட, கதிரவன் மறைப்பு அதிகமாக ஏற்படாமெனக் கருத கிடமிருக்கிறது; உண்மையும் அதுவேதான்.

மேலும், கதிரவன், சத்திரன் கிரண்டின் கோண விட்டங்கள் மாறிகள் என நாம்றிவோம். கதிரவன் விட்டம்  $31' \cdot 6$  முதல்  $32' \cdot 6$  வரையில், அது கிருக்கும் தூரத்தையொட்டி, எம்மதிப்பையும் ஏற்கலாம். அங்காறே சத்திரன் விட்டம்  $29' \cdot 4$  முதல்  $33' \cdot 6$  வரையில் அது கிருக்கும் தூரத்தையொட்டி, எம்மதிப்பையும் ஏற்கலாம். எப்போதாவது அமாவாசையன்று, கதிரவன் மறைப்புக்குரிய வாய்ப்புள்ளபோது, கதிரவன் விட்டம், சத்திரன் விட்டத்தைவிடச் சிறிதாக கிருக்குமானால், மூலக் கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் எடுத்துக்காட்டாக,

$$\left. \begin{array}{l} \text{சத்திரன் விட்டம் } 33' \\ \text{கதிரவன் விட்டம் } 32' \end{array} \right\}$$

அப்போது சத்திரன் தட்டு, மூலக் கதிரவனையும் மறைக்கமுடியும். அல்லாமல், கதிரவன் மறைப்புக்கு வாய்ப்பிருக்கும் கையம், கதிரவன் விட்டம் சத்திரன் விட்டத்தைவிடப் பெரிதாக கிருக்குமானால், நடுக் கதிரவன் மட்டுமே மறைக்கப்பட்டுக் கதிரவன் நடுமறைப்பு ஏற்படும். எடுத்துக் காட்டாக,

$$\left. \begin{array}{l} \text{சத்திரன் விட்டம் } 30' \\ \text{கதிரவன் விட்டம் } 32' \end{array} \right\}$$

அப்போது கதிரவனின் நடுப்பகுதி மறைக்கப்பட்டு, கதிரவன் வட்டத்தின்  $1'$  கோண அகலமுள்ள வெளிய்பு வளையம் ஒளி வீசி நிற்கும். அப்போதுள்ள கதிரவன் மறைப்பு நடுமறைப்பு எனப்படும்.

கிழவனாக நாம் பார்த்தவற்றைத் தொகுத்துக் கூறினால், கதிரவன் மறைப்புக்கள் மூன்று விதங்களில் ஏற்படலாம் :

(1) பகுதிக் கதிரவன் மறைப்பு (பார்க்கவ சூரிய கிரஹணம்)

(ii) முழுக் கதிரவன் மறைப்பு (பூர்ண சூரிய கிரஹணம்)

(iii) தடுக் கதிரவன் மறைப்பு (கங்கண சூரிய கிரஹணம்)

மேலும், கதிரவன் மறைப்புக்களைப் பற்றிய உண்மைகள் :

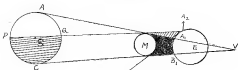
(1) சில பகுதிகளில் மட்டுமே மறைப்புக் காணப்படும்; அப்போது சில பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் தெரியும்.

(2) சில பகுதிகளில் பகுதி மறைப்பாகவும், மற்றும் சில பகுதிகளில் முழு மறைப்பாகவும் காணப்படும்; அப்போது மற்றப் பகுதிகளில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும்.

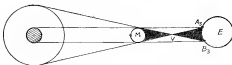
(3) தடுப்பகுதி மட்டுமே சில மீட்கங்களில் மறைந்து காணப்படும்; அப்போது மற்ற மீட்கங்களில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும். படம் 17-4-1 (1)-ல்  $A_1$  என்ற பகுதியில் முழுக் கதிரவன் ஒளி வீசிக்கொண்டிருக்கும்போது,  $A_1B_1$  என்ற பகுதியில் முழு மறைப்பு.



படம் 17-4-1 (1)



படம் 17-4-1 (2)



படம் 17-4-1 (3)



படம் 17-4-1 (3)-ல்  $A_2$ -ல் பகுதி மறைப்பு (மறைப்புப் பகுதி PCQ) காணப்படுக்போது  $A_1B_1$ -ல் முழுமறைப்பு.

படம் 17-4-1 (3)-ல்  $A_2B_2$  என்ற பகுதியில் நடுமறைப்பு.

17-4-2. சதிரவன் சத்திரன் மறைப்புகளின் ஒற்றமை  
வேற்றுமைகள்

(1) மண்ணுமறைச் சத்திரன் கிழக்கிலிருந்து மேற்காகச் சுற்றி வருகிறது. எனவே, சத்திரனில் கிழக்குப் பகுதி கருநிலையில் முதலில் துறழ்கிறது. எனவே, சத்திரன் மறைவில் முதலில் சத்திரனின் கிழக்குப் பகுதியில் மறைப்பு ஏற்படுகிறது.

வெட்டுமுகம் XY-ல் செல்லும்போதும் சத்திரனின் கிழக்குப் பகுதியே முதலில் துறழ்கிறது. அதன் காரணமாக சதிரவனின் மேற்குப் பகுதி முதலில் மறைக்கப்படுகிறது. எனவே, சதிரவன் மறைப்பில் முதலில் சதிரவனின் மேற்குப் பகுதியில் மறைப்பு ஏற்படுகிறது.

(2) சத்திரன் மறைப்புகள், பகுதி மறைப்பு, முழு மறைப்பு என இருவகைப்படும். சதிரவன் மறைப்புகள் பகுதி மறைப்பு, முழுமறைப்பு, நடுமறைப்பு என மூன்றுவகைப்படும்.

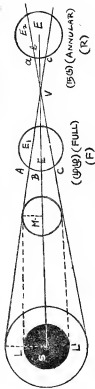
(3) சத்திரன் மறைப்பில் சத்திரன் கருநிலையில் துறழ்வதால் சத்திரப் பகுதியே கருமைநிறம் பெற்று, அதனால் மறைப்பு ஏற்படுகிறது. சதிரவன் மறைப்பில் சதிரவன், மண்ணுக்கு கிரண்டிற்கும் கிடையே சத்திரன் வருவதால் சதிரவனின் தட்டானது சத்திரனாக மறைக்கப்படுகிறது; சதிரவன் தகிலொளி கிழப்பதிலும்.

(4) ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் சதிரவன் மறைப்புகள் சத்திரன் மறைப்புகளையிட எண்ணிக்கையில் அதிகமாகும். ஏனெனில் வெட்டுமுகம் XY, வெட்டுமுகம் MN இ விடப் பெரிவதால் கிடுக்கிறது [ $\alpha_0 + \alpha' < \beta + \alpha'$  என்பதையும் காண்க].

(5) ஒரு குறிப்பிட்ட கிடத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்தில் ஏற்படும் சதிரவன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை, சத்திரன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கையைவிடக் குறைவாகவாம். ஏனெனில் சத்திர மறைப்பு ஏற்படும்போது சத்திரன் கருமை நிறம் பெறுகிறது. அப்போது சத்திரனைப் பார்ப்பவர்கள் யாவரும் சத்திர மறைப்பைக் காண்பர். ஆனால், சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும்போது, சதிரவன் சத்திரனாக மறைக்கப்படுகிறது. அப்போது சதிரவன் திசையில் உள்ள யாவருக்கும் சத்திரன் சதிரவன் மறைக்கவேண்டும் என்ற அவசியம் கிடையா. எனவே, அச்சமையத்தில் சதிரவன் நோக்கும் ஒரு பகுதியினுள் வேரூக்கை சதிரவன் மறைப்புத் தெரிகிறது.

(6) சத்திரவர் மறைப்பு முரிடத்தில் பகுதி மறைப்பானும் அதனை மேலாகும் யாவருக்கும் அது பகுதி மறைப்பாகவே காட்சியளிக்கும். முழு மறைப்பானும் அதனை மேலாகும் யாவருக்கும் முழு மறைப்பாகவே காட்சி யளிக்கும். ஆனால், சத்திரவர் மறைப்பு கிடங்களுக்குத் தகுந்தாற்போல் பகுதி மறைப்பாகவே, முழு மறைப் பாகவே அல்லது நடு மறைப்பாகவே காட்சியளிக்கும். அவ்வாறு காட்சியளிப்பது சத்திரனாக ஏற்படும் புற திழம்புடன் கிடத்தையோ அல்லது எழுதிழம்புடன் கிடத்தையோ பொறுத்ததாகும்.

17-4-3. சத்திரவர் நடுமறைப்பு: சத்திரவர் நடுமறைப்பு ஏற்படுவதற்குரிய காரணங்களைச் சற்று விரி வாகப் பார்க்கோம். படத்தில் (17-4-3) மண்ணுலகம் (F)-ல் கிடுக்கிழம்போது, எல் என்ற பகுதிக்குச் சத்திரவர்



படம் 17-4-3

நடுமறைப்பு ஏற்படும். படத்தில் மண்ணுலகம் (F)-ல் கிடுக்கிழம்போது ABC என்ற பகுதிக்குச் சத்திரவர் முழு மறைப்பு ஏற்படும். கிட்ட திரவம் எப்படி ஏற்படுகிறதெனவென்பது பார்க்கோம். திழம்புடன் மூன்று V, மண்ணுலகத்திற்கு கலப்புகள் கிடுக்கிழம்பு ஏற்படும்; மூன்று V மண்ணுலகத்திற்கு கிடப்புகள் கிடுக்கிழம்பு, நடுமறைப்பு ஏற்படும் என்பது படம் 17-4-3-ல் காட்டுவதைத் தெரிவித்தது.

விளக்கம்: முறையாக  $r$ ,  $r'$ -சத்திரம், சத்திரம் ஆகியவை;  $d$ ,  $d'$ -சத்திரம், சத்திரம் தூரம் (மற்றும்மற்றும்);  $\theta = \angle AVB$   
 $= \angle aob$

$$\sin \theta = \frac{r}{VS} = \frac{r'}{VM} = \frac{r-r'}{SM} = \frac{r-r'}{d-d'} \quad (1)$$

$$\therefore VM = \frac{r'}{\sin \theta} = r' \left[ \frac{d-d'}{r-r'} \right] \quad (2)$$

$$r' = 1080 \text{ மைல்கள்}$$

$$r = 4,32,000 \text{ மைல்கள்}$$

$$\therefore r = 400 r' \text{ (ஒரேகாலம்)}$$

$$\begin{aligned} \therefore VM &= r' \left[ \frac{d-d'}{400 r' - r'} \right] \\ &= \frac{1}{399} (d-d') \end{aligned} \quad (3)$$

$d = 93 \times 10^4$  மைல்கள் எனவும்,  $d' = 2,40,000$  மைல்கள் எனவும்  
 எடுத்த தூரங்களைக் கொள்ளாக,  $VM$ -ன் எந்திர மதிப்பு

$$= \frac{1}{399} \left[ 93 \times 10^4 - 24 \times 10^4 \right] \text{ மைல்கள்.}$$

$$= \frac{10^4}{399} [9300 - 24]$$

$$= \frac{10^4 \times 9276}{399}$$

$$= 2,32,500 \text{ மைல்கள்.}$$

ஒரே  $d$ ,  $d'$  தூரங்களைக் கொள்ளாக,  $d$ -ன் மீட்பெரு, மீட்பெரு மதிப்புகள்  
 முறையாக  $93 \times 10^4 \left( 1 \pm \frac{1}{60} \right)$  மைல்கள்;  $d'$ -ன் மீட்பெரு, மீட்பெரு

$$\text{மதிப்புகள் முறையாக } 24 \times 10^4 \left( 1 \pm \frac{1}{19} \right).$$

எனவே,  $VM$ -ன் மீட்பெரு மதிப்பு

$$= \frac{1}{399} \left[ 93 \times 10^4 \left( 1 + \frac{1}{60} \right) - 24 \times 10^4 \left( 1 - \frac{1}{19} \right) \right]$$

$$= 2,28,563 \text{ மைல்கள்.}$$

$EM$ -ன் மதிப்பு  $24 \times 10^4 \left( 1 \pm \frac{1}{19} \right)$  என்ற மதிப்புகளுக்கு

கிடைப்புகளாகும்; அதாவது 2,53,200 மைல்களுக்கு 2,26,800 மைல்களுக்கு கிடைப்புகளாகும்.

எனவே,

$EM$  (2,36,800 முதல் 2,53,200 அமல்கள்)

$VM$  (2,28,563 முதல் 2,36,400 அமல்கள்)

ஆகவே,  $EM < VM$  ஆகவும்,

$VM < EM$  ஆகவும், இருக்க முடியும்.

(1) கிடுப்போது  $EM < VM$  என்ற நிலையில்

$EM = 2,36,800$  அமல்கள் ;

$VM = 2,36,400$  அமல்கள் ;

(2)  $VM < EM$  என்ற நிலையில்,

$EM = 2,53,200$  அமல்கள்,  $VM = 2,28,563$  அமல்கள்.

(1)  $EM < VM$  ஆக கிடுப்பின், மண்ணுரை அமைத்திற்கு அப்பால்  $V$  கிடுக்கும்;  $(F)$  அந்த நிலையைக் குறிக்கும். அப்போது  $ABC$  என்ற பகுதியில் முழுக்கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும்.

(2)  $VM < EM$  ஆக கிடுப்பின்,  $V$ -க்கு அப்பால் மண்ணுரை அமைக்கிடுக்கும்;  $(R)$  அந்த நிலையைக் குறிக்கும். அப்போது  $abc$  என்ற பகுதியில் எதிரவன் நடுமறைப்பு ஏற்படும். படம் 17-4-388-ல் பர்க்கவும்.  $EM < VM$  என்ற நிலையில், மண்ணுரை அமைப்பில்  $(F)$ -ல்  $E_1$ -ல் உள்ள தெளவும்,  $VE < EM$  என்ற நிலையில், மண்ணுரை அமைப்பில் படம்  $(R)$ -ல்  $E_2$ -ல் உள்ளதெளவும் செல்க்க.

$$(1) VE_1 = VM - E_2M = (2,36,400 - 2,36,800) \text{ அமல்கள்} \\ = 9,600 \text{ அமல்கள்}$$

$$VB = VE_1 + E_1B \\ = (9,600 + 3,960) \text{ அமல்கள்} \\ = 13,560 \text{ அமல்கள்}$$

∴ விசை  $AC = VB \times 2\theta$  (ஆகாரயல்களில்)

$$\sin \theta = \frac{r'}{VM} = \frac{1080}{2,36,400} \\ = 0.004567 \text{ ஏறக்குறைய.}$$

∴ ஆகாரயன் அமலில்  $\theta$ -ன் மதிப்பு = 0.04567 (தோராயமாக)

$$\therefore \text{விசை } AC = 13,560 \times 0.09134 \\ = 123.9 \text{ அமல்கள்} \\ = 124 \text{ அமல்கள்}$$

மண்ணுரைக்கோல் கிடு விசைப்பகுதியில் முழுக்கதிரவன் மறைப்புத் தெரியும்.

$$\begin{aligned} \text{(ii) } VE_2 &= E_2M - VM \\ &= (2,53,200 - 2,28,563) \text{ அமைக்கள்} \\ &= 24,637 \text{ அமைக்கள்.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore Vb &= VE_2 - bE_2 \\ &= 24,637 - 3,960 \\ &= 20,677 \text{ அமைக்கள்.} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \text{விச் } eo &= 20,677 \times 0.009134 \\ &= 188.86 \text{ அமைக்கள்} \\ &\approx 189 \text{ அமைக்கள்} \end{aligned}$$

மண்ணுயக்கிளமேல் விச் விடப்பகுதியில் சத்திரவன் நடுமறைதல்புத் தெரியும்.

#### 17-5. சத்திரன் மறைதல்புகள் கணுத் தூர எக்லிப்சை (Lunar Ecliptic Limits)

மூல் 17-1-2-ல் சத்திரன் மறைதல்புகுப் 'பெளர்ணமி' திபத்தனை யும், சத்திரன் ஒரு கணுவிற்கு அண்மையில் இருக்க வேண்டிய திபத் தனையும் ஒருங்கே அண்மைய வேண்டுமென்று நினைவினும். 'அண்மையி' இருக்க வேண்டுமானாலும், எந்த அளவிற்கு அண்மையில் இருக்க வேண்டுமென்பதைக் கணக்கிடலாம். அதையறித்தாக, சத்திரவன் அப்போது எந்த அளவிற்கு ஒரு கணுவிலிருந்து அண்மையில் இருக்கும் என்பதும் தெரியவரும்.

17-5-1. படம் 17-5-1-ல்  $NM$  சத்திரன் பாதையையும்  $NO$  சத்திரவன் பாதையையும் குறிக்கட்டும்.  $N$  ஒரு சத்திரக் கணு.  $O$  நிழற் கூம்பின் பெட்டுமுகத்தின் மையம்.  $ε$  பெட்டுமுகத்தின் அரைக் கோண விட்டம். சத்திரன் ஒரு நிலையில் பெட்டுமுக வட்டத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருக்கிறது. சத்திரனின் மையம்  $M$ . இந்தநிலையில்  $MO = l$  என்பது சத்திரனின் அகவாக்கினைக் குறிக்கிறது.  $MNO = i$  என்பது சத்திரவன் பாதையுடன் சத்திரன் பாதைச் சரிவைக் குறிக்கிறது.

இத் நிலையில் சத்திர மறைப்பு ஏற்படும் என்பது தெளிவு. கோள மூல்கோணம்  $NOM =$

$$\sin NO = \tan l \cot i \quad (4)$$

இக் வாய்பாட்டிலிருந்து  $NO$ -யின் மதிப்பினை அறியலாம். சத்திரன் தன் பாதையில் செல்லும்போது  $NO$ -ன் மதிப்பு மிகச்சமவத்தி லுள்ளதைவிட அதிகமாக இருப்பின் சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படாது என்பதும், அம் மதிப்பு மிக் சமவத்திலுள்ளதைவிடக் குறைவாக இருப்பின் சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் என்பதும் தெளிவு.



சந்திரன், சதிரவன் மறைப்புகள்

மதிப்புகளுக்கு கிடைப்பிருந்தாக சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதியாகு; ஏற்படும் ஏற்படலாம், ஏற்படாது போயினும் போலாம்.

கீழ்ப்பொது அக் கணுத் தூரத்தைக் கணிப்போம்.

$$\sin NO = \tan l \cot i$$

$$\begin{aligned} l\text{-ன் மீப்பெரு மதிப்பு} &= \frac{51}{50} [61' \cdot 5 + 0' \cdot 15 - 15 \cdot 8] + 16 \cdot 8 \\ &= 63' \cdot 57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} l\text{-ன் மீச்சிறு மதிப்பு} &= \frac{51}{50} (52 \cdot 5 + 0' \cdot 15 - 16 \cdot 3) + 14 \cdot 7 \\ &= 51' \cdot 78 \end{aligned}$$

$$i\text{-ன் மீப்பெரு மதிப்பு} = 5^\circ 18' \cdot 6$$

$$i\text{-ன் மீச்சிறு மதிப்பு} = 4^\circ 58' \cdot 8$$

$$\begin{aligned} \therefore \alpha\text{-ன் மீச்சிறு மதிப்பு} &= \sin^{-1} (\tan l \cot i) \\ &= \sin^{-1} (\tan 51' \cdot 78 \times \cot 5^\circ 18' \cdot 6) \\ &= \sin^{-1} [0 \cdot 6152 \times 10 \cdot 78] \\ &= 9^\circ 26' \sim 9^\circ \cdot 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \alpha\text{-ன் மீப்பெரு மதிப்பு} &= \sin^{-1} [\tan 63' \cdot 57 \times \cot 4^\circ 58' \cdot 8] \\ &= \sin^{-1} [0 \cdot 6187 \times 11 \cdot 43] \\ &= 12^\circ 20' \sim 12^\circ \cdot 3 \end{aligned}$$

எனவே, பெனிண்டியன்சு, சதிரவன் தனக்கு அள்கையான கணுவிலிருந்து  $9^\circ 26'$  அளவு அதற்குக் குறைவான தூரத்தீக் இருந்தாக, சந்திரன் மறைப்பு உறுதி;  $9^\circ 26'$ -க்கும்  $12^\circ 20'$ -க்கும் கிடைப்பட்டிருப்பின் மறைப்பு உறுதியாகு, ஆனால், ஏற்படும் ஏற்படலாம்; ஏற்படாது போயினும் போலாம்.  $12^\circ 20'$ -க்கு மேற்படின் சந்திரன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படாது.

17-5-2. சதிரவன் மறைப்புகள் கணுத்தூர எக்லைஸர் (Solar Ecliptic Limits): கிவ்வாதே, சதிரவன் மறைப்புக்கு உரிய மேக், கீழ் வரம்பு எக்லைஸர்க் காண்கிறோம்.

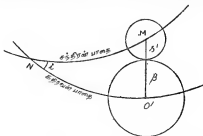
படம் 17-5-2-க்  $NM$  சந்திரன் பாதையையும்  $NO'$  சதிரவன் பாதையையும் குறிக்கட்டும்.  $N$  ஒரு சந்திரக் கணு. வெட்டுறாவம்  $XY$ -ன் கையம்  $O'$ . வெட்டுறாவத்தின் அகரக்கோண விட்டம்  $P$ . சந்திரன் ஒரு திசையில் வெட்டுறாவத்தைத் தொட்டுக்கொண்டிருப்பதைப் படம் காட்டுகிறது. சந்திரன் கையம்  $M$ .  $O'M = L$  என்பது கிச்சையத்திலுள்ள சந்திரனின் அகலங்களைக் குறிக்கிறது.  $MNO' = i$  என்பது சதிரவன் பாதையின் சந்திரன் பாதைச் சரிவைக் குறிக்கிறது.

இத்திவேசிக் சந்திரனும் சந்திரவன் மறைக்கப்பட்ட ஆரம்பிக்கும் வரையும் அதனும் சந்திரவன் மறைப்பு ஆரம்பமாகும் வரையும் முன் திடுவியுள்ளனாம்.

சூரிய மூக்கோணம்  $NO'M$ -க்

$$\sin NO' = \tan L \cot i \quad (5)$$

இது வாய்பாட்டிலிருந்து  $NO'$ -ன் மதிப்பினை அறிவனாம். சந்திரன் நன் பாதையில் செல்லும்போது  $NO'$ -ன் மதிப்பு மிகச்சமயத்திலுள்ளதை விட அதிகமாக இருப்பின் சந்திரவன் மறைப்பு ஏற்படாதென்பதும்,



படம் 17-5-2

அம்மதிப்பு மிகச்சமயத்திலுள்ளதைவிடக் குறைவாக இருப்பின் சந்திரவன் மறைப்பு ஏற்படும் என்பதும் உறுதி.  $L$ -ன் மதிப்பு  $\beta$ ,  $e'$ -ன் மதிப்பு  $e$  இனம் பொறுத்தது. அதாவது  $L$ -ன் மதிப்பு  $p$ ,  $p'$ ,  $e$ ,  $e'$ -ன் மதிப்பு  $e$  இனம் பொறுத்தது. எனவே,  $i$ ,  $L$  இரண்டும் மாறினாலும்.

$i$ -ன் மீள்பெரு மதிப்பையும்,  $L$ -ன் மீச்சிறு மதிப்பையும் எடுத்துக்கொண்டு  $NO'$  ( $=Y_1$ ) ஊக்கிட் அது  $NO'$ -ன் மீச்சிறு மதிப்பாகும். அக்காலத்தே  $i$ -ன் மீச்சிறு மதிப்பையும்  $L$ -ன் மீள்பெரு மதிப்பையும் எடுத்துக்கொண்டு  $NO'$  ( $Y_2$ ) ஊக்கிட் அது  $NO'$ -ன் மீள்பெரு மதிப்பாகும்.  $Y_1$ ,  $Y_2$  மதிப்புகளிலிருந்து வெட்டுறாக கையாத்தாரம் ஒரு கணுவிலிருந்து  $Y_1$  என்ற தூரத்திற்குக் குறைவாக இருப்பின் சந்திரவன் மறைப்புக் கட்டாயம் ஏற்படும் என்பதும்,  $Y_1$  தூரத்திற்கு அதிகமாக இருப்பின் சந்திரவன் மறைப்புக் கட்டாயம் ஏற்படாதென்பதும் உறுதியாகிறது. இவைப்பட்ட தூரங்களுக்கு உறுதியாக எதுவும்



சுதிரவன், சுதிரவன் மறைப்புக்கள்

சொல்ல முடியாது; சுதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் ஏற்படலாம்; ஏற்படாது போயினும் போகலாம். எனவே, சுதிரவன் மறைப்பின் வீச்சிது வரம்பு  $Y_1$  எனவும் மீட்பெரு வரம்பு  $Y_2$  எனவும் கூறப்படுகிறது.

$O'$  என்ற புள்ளி சுதிரவன் திசையிலேயே உள்ள புள்ளியாகும். எனவே, அமாவாசையன்று சுதிரவன் தனக்கு அனுகூலமான அணுவியிருந்து  $Y_1$  தூரத்திற்குக் குறைவாக இருப்பின் சுதிரவன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும்; அமாவாசையன்று சுதிரவன் தனக்கு அனுகூலமான அணுவியிருந்து  $Y_2$  தூரத்திற்கு அதிகமாக இருப்பின் சுதிரவன் மறைப்பு நிச்சயம் ஏற்படாது; சுதிரவன் தூரம் கிட்டியு மதிப்பு அளவுக்கு கிடைக்க இருந்தால் சுதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் ஏற்படலாம்; ஏற்படாது போயினும் போகலாம்.

கீழ் மீட்பெரு, வீச்சிது வரம்புகளை நாம் கணிக்கலாம்.  $L$ -ன் வீச்சிது மதிப்பு,

$$\begin{aligned} &= [(s+p'-p)+s']\text{-ன் வீச்சிது மதிப்பு,} \\ &= 15^\circ 8' + 52^\circ 5' - 0^\circ 15' + 14^\circ 7' \\ &= 1^\circ 22' 85 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} L\text{-ன் மீட்பெரு மதிப்பு} &= [(s+p'-p)+s']\text{-ன் மீட்பெரு மதிப்பு} \\ &= [16^\circ 3' + 61^\circ 5' - 0^\circ 15' + 16^\circ 8'] \\ &= 1^\circ 34' 45 \end{aligned}$$

$i$ -ன் வீச்சிது, மீட்பெரு மதிப்புகள் மூன்றையே  $4^\circ 58' 8$ -ம்  $5^\circ 18' 6$ -ம் ஆகும்.

$$\begin{aligned} \text{எனவே, } Y\text{-ன் வீச்சிது மதிப்பு} &= \sin^{-1} [\tan 1^\circ 22' 85 \times \cot 5^\circ 18' 6] \\ &= \sin^{-1} [0.0242 \times 10.78] \\ &= 15^\circ 29' - 15^\circ 5 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Y\text{-ன் மீட்பெரு மதிப்பு} &= \sin^{-1} [\tan 1^\circ 34' 45 \times \cot 4^\circ 58' 8] \\ &= \sin^{-1} [0.0275 \times 11.49] \\ &= 18^\circ 19' - 18^\circ 3 \end{aligned}$$

எனவே, அமாவாசையன்று சுதிரவன் தனக்கு அனுகூலமான அணுவியிருந்து  $15^\circ 29'$  அகலது அதற்குக் குறைவியிருந்தால் சுதிரவன் மறைப்பு உறுதி;  $15^\circ 29'$ -க்கும்  $18^\circ 19'$ -க்கும் கிடைக்கப்பெருப்பின் மறைப்பு உறுதியன்று; ஆனால், ஏற்படும் ஏற்படலாம்; ஏற்படாது போயினும் போகலாம்.  $18^\circ 19'$ -க்கு மேற்படின், சுதிரவன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படாது.

குறிப்பு: வழுக்கில் பின்வரும் பட்டியலிலுள்ள தோராய மதிப்புகளை மனத்தில் வைக்கலாம்.

மனற்பு	மீச்சிறு கணுத் தூரம்	மீப்பெரும் கணுத் தூரம்
சத்திரன்	9°-5	12°-5
சுதிரவன்	15°-5	18°-5

கிடை 9°-5-ம் -ஞரம்படுத்து, பொதுவேறுபாடு 3° பெற்ற ஒரு கூட்டு வரைபை 9°-5, 12°-5, 15°-5, 18°-5 என வளைத்தில் இருத்தலாம்.

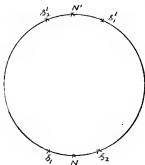
17-8. சுதிரவன், சத்திரன் மனற்புகளின் எண்ணிக்கை

சுதிரவன் ஒரு கணுவைக் கூக்கும்போதோ, அல்லது ஓரளாண்டுக் காலத்திலோ எத்தனை மனற்புகள் ஏற்படலாம் என்பதை நாம் கணிக்க முடியும். அவ்வெண்ணிக்கையைக் கணிப்பதற்குச் சில குறிப்புகள் தமக்குத் தேவைப்படும். அவற்றின் தொகுப்பினைப் பின்வரும் பட்டியலில் காண்க.

சுதிரவன், சத்திரன் மனற்புகள் கணிக்கத்  
தேவைப்படும் குறிப்புகள்

(1)	ஒரு திசைக் காலம் (பெர்னாமி மூலக் அடுத்த பெர்னாமி வரை)	29.5 நாட்கள்
(2)	6 திசைக் காலம்	177 நாட்கள்
(3)	12 திசைக் காலம்	354 நாட்கள்
(4)	கணுக்களின் சுதிரவன்/ஞரவற்று வழிக் காலவட்டம் (11-81 காண்க)	346-62 நாட்கள்
(5)	மேற்கூறியதில் பாதி	173-31 நாட்கள்
(6)	கணுக்களைப்போட்ட சுதிரவன் சரீரேவசம் (ஒரு திசைப் போக்குக்கு)	$29.5 \times 360 = 10710$ $346-62 = 30^{\circ}-63'$
(7)	மேற்கூறியது ஒருநாளுக்குத் தோராயமாக	1°

17-6-1. ஒரு சுணுவித்து அருகில் ஏற்படும் மகதர்ப்புகளின் மீச்சிற எண்ணிக்கை (Minimum Number of Eclipses at a node)



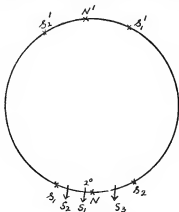
படம் 17-6-1

$N, N'$  சதிரவன் பாகதயின் இரு சத்திரக் சுணுக்கள். அப்பாகதயில் சதிரவன் மகதர்ப்பின் மீச்சிற மதிப்பான  $15^{\circ}5'$  அளவுகொண்டு சதிரவன் பாகதயில்  $s_1, s_2, s_1', s_2'$  என்ற புள்ளிகளை  $s_1N = Ns_2 = s_1'N' = N's_2' = 15^{\circ}5'$  இருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. எனவே  $s_1, s_2 = s_1', s_2' = 31^{\circ}$  ஆகும். இது துரத்தைச் சதிரவன் டெந்து செல்லும் காலம் ஒரு திக்ஸுக்குச் சற்று அதிகமாகும். (சதிரவன் நான்கோளும் தோராயமாக  $1^{\circ}$  நகர்ந்திருக்கக் கொள்ளலாம்.) எனவே இக்கால வரம்பில் ஒர் அமாவாசை ஏற்படுவது உறுதி. அந்த அமாவாசை தினத்தன்று (சதிரவன்) மீச்சிற மகதர்ப்பு வரம்புக்குள் சதிரவன் இருக்குமாதலால் அச்சுணுவின் அண்மையில் ஒரு சதிரவன் மகதர்ப்பு ஏற்படுவது உறுதி; அப்போதே மந்தக் சுணுவின் அண்மையிலும் மந்தொரு சதிரவன் மகதர்ப்பு ஏற்படுவது தினாவகம்.

சத்திரன் மகதர்ப்பு மீச்சிற வரம்பு  $9^{\circ}5'$ . எனவே, ஒரு சுணுவை அமாவாசைகொண்டு  $19^{\circ}$  கடக்கும் காலம் ஒரு திக்ஸின்மீட மீச்சிறுதவளவாகும். இக்கால வரம்பில் ஒரு முழு மதிப்பம் ஏற்படவேண்டுமென்ற அட்டவயம் இருக்க. எனவே இவ்விடைகளில் ஒரு சத்திரன் மகதர்ப்பு ஏற்படும் என்ற உறுதியிலும், அப்போதே அடுத்த

கணுவின் அகலமயிலும் சந்திர மறைப்பு கட்டாயம் ஏற்படவேண்டும் என்ற உறுதியில்லை; எனவே, ஒரு கணுவிற்கு அருகில் சந்திரன் செரிவதும்போது ஒரு சந்திரன் மறைப்பு கட்டாயம் ஏற்படும்; ஆனால், சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படுவது உறுதியாகாது. சந்திரன் ஓரங்களுக்கு அகலத்தில் ஒரு முறைவேறும் ஒவ்வொரு கணுவையும் கடந்து செல்லுமாறு மாதமில் ஒவ்வொன்றைக் கடக்கும்போதும் ஒரு சந்திரன் மறைப்பு வீதம் குறைந்தது திரு சந்திரன் மறைப்புகளேனும் கட்டாயம் ஓரங்களுக்கும் ஏற்பட வாய்ப்பு உண்டு.

17-6-2. ஒரு கணுவிற்கு அருகில் ஏற்படும் மறைப்புகளின் மீட்பெரு எண்ணிக்கை (Maximum Number of Eclipses at a node)



படம் 17-6-2

$N, N'$  சந்திரன் பாதையில் திரு சந்திரக் கணுக்கள். அப்பாதையில் சந்திரன் மறைப்பின் மீட்பெரு எதிர்ப்பாள  $18^{\circ}5'$  அளவு கொண்ட சந்திரன் பாதையில்  $S_1, S_2, S_1', S_2'$  என்ற புள்ளிகளை  $S_1N = N S_2 = S_1'N' = N'S_2' = 18^{\circ}5'$  திருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. அப்போது

சத்திரன், சதிரவன் மறைப்புகள்

$s_1s_2=s_1's_2'=37^\circ$  ஆகும். ஒரு திசையில் சதிரவன் கணுக்களைப் பொட்டிச் செல்லும் தூரம்  $30^\circ \frac{2}{3}$  என  $17-4-க்$  கண்க. எனவே, சதிரவன்  $s_2$ -யிருந்து  $s_2'$  செல்ல ஆகும் தூரம் ஒரு திசைக்குமேல் ஏறக்குறைய 6 நாக்களாகும்.  $N$  என்ற கணுவை அடைவதற்கு 2 நாக்களுக்கு முன்பு ஒரு முழுமதி திசை எனக் கொள்ளலாம். அப்போது சதிரவன்  $S_2$ -ல் இருக்கும்;  $S_2N=2^\circ$  ஆகும். அப்போது சத்திரன் மறைப்பு உறுதியாக ஏற்படும். ஏனெனில் அன்ற சதிரவன் தனது அம்சமகக் கணுவிற்கு  $2^\circ$  மீன் தக்கியிருக்கும். இம் முழுமதிய திசைத்திற்கு முந்திய அமாவாசை திசைத்தன்று (ஏறக்குறைய 15 நாக்களுக்கு முன்) சதிரவன் அக்கணு  $N$ -க்கு  $15^\circ 3' + 2^\circ = 17^\circ 2'$  மீன் தக்கியிருக்கும். அங்கிடம்  $S_2$  எனில்  $S_2N=17^\circ 3'$ . இந்த தூரம் கணுவிலிருந்து சதிரவன் மறைப்பில் மீப்பெரு மதிப்பிற்குக் குறைவாக இருப்பதால் அன்று ஒரு சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படலாம். ஏற்படுவதற்கு வாய்ப்புகள் உகனா. (ஆனால், உறுதியாகச் செல்ல வேண்டி.) இம்மாவாசைக்கு அடுத்த அமாவாசையில் சதிரவன் கணு  $N$ -க்கு  $15^\circ 3' - 2^\circ = 13^\circ 3'$  மூன் தக்கிய  $S_2$ -ல் இருக்கும். அதாவது  $NS_2=13^\circ 3'$ . இந்தூரம் கணுவிலிருந்து சதிரவன் மறைப்பின் மீச்சிறு மதிப்பிற்குக் குறைவாக இருப்பதனால் அன்று ஒரு சதிரவன் மறைப்பு திண்ணமாக ஏற்படும்.

எனவே, கணு  $N$ -க்கு அருகில் ஒரு சத்திரன் மறைப்பும், சிறு சதிரவன் மறைப்புகளும் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உகனா. அதாவது ஒரு கணுவிற்கு அருகில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்படலாம். அவற்றுள், தருகில் (2-வதாக) ஏற்படும் மறைப்பு சத்திர மறைப்பாகும்; மற்ற இரண்டும் சதிரவன் மறைப்புகளாக இருக்கலாம்.

குறிப்பு (i) இங்கு, தருத்த சூத்திரம் உருவாகும்போது எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டென்பது மட்டுமே விசேஷப்பட்டது. எனவே, தருத்த சூத்திரமியில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்படலாம். ஆனால், ஒரு சதிரவன் மறைப்பு உறுதி ( $17-4-1$ ); அல்லது ஒரு சதிரவன் மறைப்பும் ஒரு சத்திரன் மறைப்பும் அல்லது சிறு சதிரவன் மறைப்பும் ஒரு சத்திரன் மறைப்பும் ஏற்பட வாய்ப்புள்ளது.

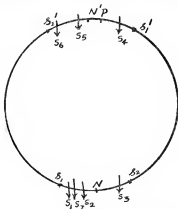
குறிப்பு (ii) கணு  $N$ ய்க் சதிரவன் உட்கரும்போது ஒரு முழு மதியம் ஏற்படுமானால் அதற்கு முன் அமாவாசையிலும் மீன் அமாவாசையிலும் ஒரேச் சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும். வாய்ப்பு மிக அதிகம். (ஒரேயு உறுதியாகவே அவை ஏற்படும் எனக் கூறலாம்.)

குறிப்பு (iii) சதிரவன் கணு  $N$ ய்க் உட்ப்பதற்கு 8 நாக்களுக்கு முன், ஒரு முழுமதியல் இருக்குமானால், அப்போது ஒரு சத்திரன் மறைப்பும் அதற்கு அடுத்த அமாவாசையில் ஒரு சதிரவன் மறைப்பும்

நிச்சயமாக விளைபும். சந்திரன் மறைப்பிற்கு முன் அமாவாசையின் சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட முடியாது.

17-6-3. அடுத்தபடியாக ஓராண்டுக் காலத்தில் தக்க ஆற்றலில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புகளுண்டு என்பதைப் பார்ப்போம்.

ஓராண்டுக் காலத்தில் நிகழக்கூடிய மறைப்புகளின் மீட்பெரு எண்ணிக்கை (Maximum Number of Eclipses in an year)



படம் 17-6-3 (II)

படம் 17-6-3 (I)-ல்  $N$ ,  $N'$  சந்திரன் பாதையில் இரு அணுக்கள். அப்பாதையில் சந்திரன் மறைப்பின் மீட்பெரு மதிப்பான  $18^{\circ}5'$  அளவு எடுத்து சந்திரன் பாதையில்  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_1'$ ,  $S_2'$  என்ற புள்ளிகளை  $S_2N = NS_1 = S_1'N' = N'S_2' = 18^{\circ}5'$  திருக்குமாறு எடுத்துக்கொள்க. சந்திரன், அணு  $N$ -க்குச் செல்வதற்கு இரண்டு நாட்கள் முன்பு உடன் நிலையை  $S_1$  எனக் குறித்து அகன்று மதியம் எனக்கொண்டதால் அக்கணத்திற்கு அருகில் மூன்று மறைப்புகள் ஏற்பட வாய்ப்புகள் உண்டென

சத்திரன், சதிரவன் மறைப்புக்கள்

அதித்தோகம். எனவே, படத்தில் காட்டியபடி  $S_1, S_2$  என்ற புள்ளிகளை  $S_1, S_2 = S_3, S_4 = 15^\circ 3'$  என்ற அளவில் இருக்கும்படி எடுத்துக்கொள்ள. அப்போது  $N-4$ ஐ அருகில், சதிரவன்

(1)  $S_1$ -ல் உள்ளபோது அமாவாசை;  $N S_1 = 17^\circ 3'$ ; சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படலாம் (மேல் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(2)  $S_2$ -ல் உள்ளபோது முழுமதியம்;  $N S_2 = 2^\circ$ ; சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(1)  $S_2$ -ல் உள்ளபோது அமாவாசை;  $N S_3 = 13^\circ 3'$ , சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது.)

ஒரு கணுமீயிலிருந்து, சதிரவன் புறப்பட்டு, மறுபடியும் அக்கணுவை வந்தடைவது எடுத்துக்கொள்ளும் காலம் 345.6 நாட்கள் என நமக்குத் தெரியும். எனவே, கணுக்கள் பின்னாலியில்  $S_2$ -ல் உள்ள சதிரவன்  $N'-4$ ஐ மூத்த  $2^\circ$  உள்ள  $P$  என்ற கிடத்திற்கு வர 173 நாட்களாகும். மேலும் 2 நாட்களில், அதாவது 175 நாட்களில் சதிரவன்  $N'-4$ ஐ வரும். இன்னும் 2 நாட்கள் கழிந்தால், அதாவது  $S_2$ -லிருந்து 177 நாட்களில் 6 நிமிஷங்கள் முடிந்து முழுமதியம் நாள் வரும். எனவே  $N' S_4 = 2^\circ$  எனக்கொண்டால்  $S_2$ -ல் சதிரவன் வரும்போது முழுமதியம் ஆகும். அப்போது ஒரு சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும்.

$S_2$ -க்கு முன்னும் பின்னும் அரைத்திசுடன் பொழுதுக்குரிய, அதாவது முன்னும் பின்னும் நின்று அமாவாசைகளுக்குரிய கிடங்களை  $S_1, S_2$  என கிடங்குதிக்க. அப்போது  $S_1, S_2 = S_3, S_4 = 15^\circ 3'$  என்ற முறையில் அமைவுக்.  $S_2, S_4$ -ல் சதிரவன் இருக்கும்போது அமாவாசை தினக்கரை.

அப்போது  $N'-4$ ஐ அருகில் சதிரவன்

(1)  $S_2$ -ல் இருக்கும் போது அமாவாசை;  $N' S_4 = 13^\circ 3'$ ; சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(2)  $S_2$ -ல் இருக்கும் போது பெளர்ணமி;  $N' S_5 = 2^\circ$ ; சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும் (கீழ் வரம்பிற்குள் உள்ளது);

(3)  $S_2$ -ல் இருக்கும் போது அமாவாசை;  $N' S_6 = 17^\circ 3'$ ; சதிரவன் மறைப்பு ஏற்படலாம் (மேல் வரம்பிற்குள் உள்ளது).

இந்த 6 மறைப்புகளுக்குப்பின் ஏற்படும் மறைப்பினை ஆராய்வோம். முதலாவதாக,

(1) ஆண்டு ஆரம்பத்தில் சதிரவன் மறைப்பு  $S_1$ -ல் ஏற்படுகிற தெனக்கொண்டோம்.

தேர்வன்  $S_1$ -ல் புறப்பட்டு, மீண்டும் கணுக்களை ஒட்டி அப்புகளினைய வந்தடைப 346 நாக்களாகும். இம்விடைவெளியில்  $S_2$ ,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$  என்ற நிலைகளில் தேர்வன் மறைப்புகளும்,  $S_2$ ,  $S_3$  என்ற நிலைகளில் சத்திரன் மறைப்புகளும் ஏற்படுகின்றன. 12 திகட்களால் 354 நாக்கள். எனவே, மீண்டும் தேர்வன்  $S_1$ ஐ அடைந்து 8 நாக்களுக்குப் பின்னர் அமாவாசை வரும். அன்று உச்ச நிலையை  $S_2$  எனக் குறிப்பிடுவோம். இக்கு  $S_2N = S_1N - S_1S_2 = 17^\circ.3 - 8^\circ = 9^\circ.3$  ஆகும். எனவே,  $S_2$ ல் ஒரு தேர்வன் மறைப்பு ஏற்படும். இம்மாவாசைக்கு அடுத்த மதியத்தில் தேர்வன்  $S_1$  க்கு விடைவெளிக்குத் திரும்பிப் போதிலும் ஆண்டு முடிவடைந்து விடுவதால் அப்போது ஏற்படும் சத்திரன் மறைப்பை நாம் எடுத்துக் கொண்ட ஆண்டில் ஏற்படும் சத்திரன் மறைப்பைக் கணக்கில் எடுத்துக் கொள்ளக் கூடாது. அம் மறைப்பு அடுத்த ஆண்டுக் கணக்கில்தான் செலும். எனவே, நாம் எடுத்துக் கொள்ளும் ஆண்டு ஒரு தேர்வன் மறைப்போடு ஆரம்பித்தால் அம் வானியல் கீற்று தேர்வன் மறைப்புகளும் இரண்டு சத்திரன் மறைப்பு களும் ஏற்படலாம்.

(ii) அப்படியல்லாமல் ஆண்டு ஆரம்பத்தில் சத்திரன் மறைப்பு  $S_2$ -ல் ஏற்படுகின்றதெனக் கொள்வோம். படம் 17-6-3 (II)-ல் காண்க. (அதாவது, முன் பகுதியில்  $S_1$  என்ற நிலைகளில் தேர்வன் மறைப்பு அதற்கு முன் ஆண்டைச் சேர்த்தது எனக் கணக்கில் செலும். நாம் எடுத்துக்கொள்ளும் ஆண்டில் கணக்கில் செலாது.) முன்னர் கூறியது போலவே  $S_1$ ,  $S_2$  என்ற நிலைகளில் சத்திரன் மறைப்பும்,  $S_3$ ,  $S_4$ ,  $S_5$  என்ற நிலைகளில் தேர்வன் மறைப்புகளும் ஏற்படும். தேர்வன்  $S_2$ -லிருந்து புறப்பட்டு மீண்டும் கணுக்கையொட்டி அப் புகளினைய வந்தடைப 346 நாக்களாகும். இம் விடைவெளியில் 2 சத்திரன் மறைப்புகளும் 3 தேர்வன் மறைப்புகளும் நிகழக்கூடும் என்ற பார்த்தோம்.

12 திகட்களால் 354 நாக்கள் என நமக்குத் தெரியும். எனவே, மீண்டும் தேர்வன்  $S_1$ ஐ அடைந்து 8 நாக்களுக்குப் பின்பு ஒரு முழு மதியம் ஏற்படும். அந்நிலையில்  $S_1$  எனக் குறித்தால்  $S_1S_2 = 8^\circ$  எனவே,  $NS_2 = 9^\circ$  ஆகும். அன்று, முழுமதியம் ஆனதால் ஒரு சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும். தேர்வன்  $S_2$ -ல் வருவதற்கு அரைத் திகளுக்கு முன் ஓர் அமாவாசை கிடைத்திருக்கும். அந்நிலை  $S_2$  ஆகும்,

$$S_1S_2 = 15^\circ.3$$

$$S_2S_3 = 8^\circ$$

$$\therefore S_2S_4 = 7^\circ.3$$

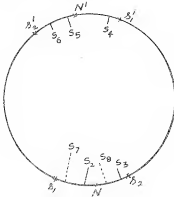
$$\therefore NS_4 = 9^\circ.3$$

எனவே,  $S_2$  என்ற நிலையில் ஒரு தேர்வன் மறைப்பு நிகழ்த்திக்கும்.



சத்திரன், கதிரவன் மறைப்புகள்

ஆக,  $S_7$ -ல் ஆண்டு ஆரம்பத்தில், ஒரு சத்திரன் மறைப்பு ஏற்பட இருந்தால் மேலும்  $S_4, S_5$  என்ற மிகு நிலைகளிலும் சத்திரன் மறைப்பு களும்,  $S_2$   $S_4, S_5, S_7$  என்ற நான்கு நிலைகளில் கதிரவன் மறைப்பு களும் நிகழத்தகுரிய வாய்ப்புகள் உண்டு.



படம் 17-6-3 (ii)

எனவே, அகவாண்டில் 3 சத்திரன் மறைப்புகளும் 4 கதிரவன் மறைப்புகளும் நிகழலாம். எனவே, ஆண்டு மூதலில்

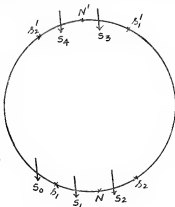
(1)  $S_7$ -ல் சத்திரன் மறைப்பு; மற்றும் மீரண்டு சத்திரன் மறைப்பு கள்  $S_5$ -லும்  $S_6$ -லும்; ஆகமொத்தம் 3 சத்திரன் மறைப்புகள்.

(2)  $S_4, S_5, S_6, S_7$  என்ற நிலைகளில் 4 கதிரவன் மறைப்புகள்.

கதிரவன்  $S_7$ -யிருந்து அடுத்த அகவாண்டைக்குப் போவதற்குமுன் ஆண்டு முடிந்து போயிருக்கும். ஆகவே, எடுத்துக் கொண்ட ஆண்டு, ஒரு கதிரவன் மறைப்பில் ஆரம்பமானால் அகவாண்டில் 6 கதிரவன் மறைப்புகளும் 2 சத்திரன் மறைப்புகளும் அகவாண்டில் சத்திரன் மறைப்பில் ஆரம்பமானால் 4 கதிரவன் மறைப்புகளும் 3 சத்திரன் மறைப்புகளும் ஏற்படலாம்.

குறிப்பு : நூல் விளக்கப்பட்டது மிக வசதியான ஆற்றிலுக்குப் போகுத்தொழியை, ஒவ்வொரு ஆண்டிற்கும் போகுத்தொழி. அங்குப் பெற 7 மறைப்புகள் (5 அதிரவன் 2 சத்திரவன் அங்கு 4 அதிரவன் 3 சத்திரவன்) கீழ்ப்பெரு எண்ணிக்கையையதான் தரும் ; அதாவது ஓரண்டுக்கு எண்ணிக்கை 7 மறைப்புகளுக்குமேல் தவறாமையாக தென்பதை மட்டுமே இது வலியுறுத்தும்.

17-7 எ. கா. : ஓரண்டில் மாதம் மூன்றுமாத நாளில், அதிரவன் ஒரு அண்டிற்குப் பின்னால்  $9^\circ$  தூரத்தில் இருக்கிறது. அந்த ஆண்டில், அதாவது டிசம்பர் மூடிய, எத்தனை அதிரவன், சத்திரவன் மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?



படம் 17-7

படம் 17-7-ல்  $N, N'$  என்பவை சத்திரவன் பாதைக் கணுக்கள்.  $s_1 N = 18^\circ - 5' = N s_2 = s_1' N' = N' s_2'$  எனப் புள்ளிகளை இடக்குறித்துக் கொள்க.

$N S_1 = 9^\circ$  எனக் கொள்க.

கணக்கில் கொடுத்தபடி, அதிரவன்  $S_1$ -ல் உடன்போது, ஒரு முழுமதிய நான் ; எனவே, அங்கு ஒரு சத்திரவன் மறைப்பு உதறி. அடுத்த அம்

சத்திரன், சதிரவன் மறைப்புக்கள்

காலசயன்று, சதிரவனிடம்  $S_2$  எனக்கொண்ட.  $S_1S_2=15^{\circ}3$ ; எனவே,  $NS_2=5^{\circ}3$ ; அன்று அமாவாசையானதால் ஒரு சதிரவன் மறைப்பு உறுதி.

$S_1$  நிலைக்குரிய நான்குமூலம் 15 நாள்களுக்குமூலம் ஒர் அமாவாசை வந்திருக்கும்; ஆனால், அப்போது சதிரவன் நிலை  $S_1$ -க்கும் பிற்தியே இருந்திருக்கும்.

ஏனெனில், அப்போது சதிரவன் நிலம்  $S_0$  எனக் கொண்டால்  $S_1S_0=15^{\circ}3$ ; எனவே,  $NS_0=24^{\circ}3>18^{\circ}5$ ; எனவே, மார்க்சு மாதம் திசையும் சத்திரன் மறைப்பே அம்வாண்டுகள் முதல் மறைப்பாகும்.  $S_1$  நிலையிலிருந்து 6 திங்கள்சை அழித்து, அதாவது 177 நாள்களுக்குப் சென்று சதிரவன் நிலம் படத்தில் காட்டியபடி  $S_2$ -ல் இருக்கும்;  $S_2N'=5^{\circ}$  ஏறத்தாழவீருக்கும். (ஏனெனில் கணக்கின்பொருட்கள் சதிரவன் 173 நாள்சையில்  $N'$ -க்கு மூத்தி  $9^{\circ}$  உட்காவிட்டதில் இருக்கும்; மேலும், 6 நாள்சையில்  $N'S_1=5^{\circ}$  படி  $S_1$  என்ற நிலையே இருக்கும்.)  $S_2$  என்ற நிலையில் ஒரு முழு மதியம் திசையும்; அப்போது ஒரு சத்திரன் மறைப்பு ஏற்படும்.  $S_2$  என்ற நிலைக்கு வருவதற்குமூலம், அமாவாசையன்று சதிரவன்  $S_1$ -க்கு மூத்தியே இருக்கும்மாதலால்,  $S_2$ -க்கு மூத்தியே அமாவாசையில் ஒரு சதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்பே இல்லை.

$S_2$  என்ற நிலைக்குரிய பெளர்ணமிக்குப் பின் வரும் அமாவாசையன்று சதிரவன்  $S_1$  என்ற நிலையில்  $S_1S_2=15^{\circ}4$ ; எனவே,  $NS_2=10^{\circ}3$  இருக்கும். எனவே, அப்போது ஒரு சதிரவன் மறைப்பு இருக்கும். எனவே, கிதுவரை  $S_1$ ,  $S_2$  என்ற நிலைகளில் சத்திரன் மறைப்புகளும்,  $S_0$ ,  $S_1$  என்ற நிலைகளில் சதிரவன் மறைப்புகளும் இருக்கலாம்.

மார்க்சு மாதம் முதல் தேதியே சூழிப்பிட்ட பெளர்ணமி திசுத்திருந்ததாலும் அம்வாண்டுகள் டிசம்பர் மூடிய 305 நாள்கள்தான் இருக்கும்.

ஆனால், சதிரவன்  $S_1$ -லிருந்து புறப்பட்டு மதுபடியில்  $S_1$  வர 346 நாள்களாகும். அதற்கு 61 நாள்களுக்கு மூத்தியே டிசம்பர் 31ஆம் தேதியன்று வீடும் ஆதலால், அம்வாண்டுகள் 2 சத்திரன் மறைப்புகளும் 2 சதிரவன் மறைப்புகளும் திசு வாய்ப்புண்டு.

17-8. சைடிய நாட்டவரின் காவலட்டம் 'சாராகஸ்' (The Sarcos of the Chaldeans)

சதிரவன் ஒரு சத்திரன் கணுவிலிருந்து புறப்பட்டு மதுபடியும் அதே கணுவிலேபடைய எடுத்துக் கொள்ளும் காலம் 346-62 நாள்கள் என நாம் 11-81-ல் திறுவினோம்.

$$\begin{aligned}
 \text{ஒரு திசையில் உள்ள நாகங்கள்} &= 29 \cdot 5306 \\
 19 \text{ கணுவழிக் காலவட்டங்கள்} &= 19 \times 346 \cdot 62 \\
 &= 6585 \cdot 78 \text{ நாகங்கள்} \\
 223 \text{ திசுவுட் காலவட்டங்கள்} &= 223 \times 29 \cdot 5306 \\
 &= 6585 \cdot 32 \text{ நாகங்கள்.}
 \end{aligned}$$

எனவே 19 கணுவழிக் காலவட்டத்திலுள்ள நாகங்களில் எண்ணிக்கை 223 திசுவுட் காலவட்டத்திலுள்ள எண்ணிக்கைக்குத் தோராயமாகச் சமம்—6585 நாகங்கள் எனக் கொள்ளலாம். வேறுபாடு மிகச் சிதிலு 10-46 நாகங்கள் = 11 மணி 2-4 நிமிடம். எனவே, 6585<sup>1</sup>/<sub>2</sub> நாகங்களுக்குச் சமமான 18 ஆண்டுகள் 10<sup>1</sup>/<sub>2</sub> நாகங்கு அல்லது 18 ஆண்டுகள் 11<sup>1</sup>/<sub>2</sub> நாகங்களில்\* சத்திரவின் கணுக்கள், கதிரவனுமொட்டி 19 முறை முழுச் சுற்றுகள் சுற்றியிருக்கும். [அதே 6585<sup>1</sup>/<sub>2</sub> நாகங்களில் சத்திரவர் கதிரவனுமொட்டி 223 முறை முழுச் சுற்றுகள் சுற்றியிருக்கும். வேறுபாடு 11 மணி 2-4 நிமிடம் தவிர்த்து.] எனவே, இந்தக் காலவட்டத்தில் கணுக்கள் பின்னாலிலிருந்து மன்னாளுக்கொமொட்டிச் சுதிரவனும் சத்திரனும் திரும்பத் திரும்ப அதே கிடங்குகளில் வந்தனவாகும். எனவே, 6585 நாகங்களுக்குமுன் எத்தகைய (கதிரவன் அல்லது சத்திரவர்) மறைப்பு ஏற்பட்டதோ அதே மறைப்பு அதே அளவில் 6585 நாகங்களுக்குப்பின் அப்படியே மறைப்பில்லாது திரும்பும். இவ்வாறாக ஒரு முறை 6585 நாகங்களில் ஏற்படும் மறைப்புகளைக் கணக்கிட்டுத் தெரிந்து கொண்டபின் அதற்குப் பின்னுள்ள அல்லது முன்னுள்ள 6585 கொண்ட காலப் பிரிவுகளில் ஏற்படும் மறைப்புகள்பற்றி அறிவிடுத்து கண்டுகொள்ளலாம். இதனை சாங்கியா நாட்டு வானியல் அறிஞர்கள் முதன் முதலாகக் கண்டுபிடித்து அக் காலவட்டத்திற்கு சாரம் எனப் பெயரிட்டனர். (12-94—ஜூனியன் நாக என்ற பகுதி காண்க.)

எனவே, இன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படுமானால், 223 திசுக்கள்க் கழித்து அமரவானை வரும்; அன்று கதிரவன் மறைப்பு அதே அளவில் மறுபடியும் ஏற்படும். ஏனெனில் 19 கணுக்கால வட்டங்களுக்குப்பின் கதிரவன் கணுக்கொமொட்டி, இன்று எந்த நிலையில் இருக்கிறதோ அதே நிலைக்கு வரும்; அமரவானை ஆனந்தக் கதிரவன் மறைப்பு திரும்பும். ஆனால், 223 திசுக்கள்க் கழித்து ஏற்படும் கதிரவன் மறைப்புப் பிறகு, இன்னதென 8 மணி நேரம் நேட்டாங்கில் மேற்கே

\* 18 ஆண்டுகளில் 1 மீட்டர் ஆண்டுகள் ஏற்படும்,

6585 நாகங்கள் = 18 ஆண்டுகள் + 11 நாகங்கள்

5 மீட்டர் ஆண்டுகள் ஏற்படும்,

6585 நாகங்கள் = 18 ஆண்டுகள் + 10 நாகங்கள்.

சத்திரன், சத்திரவன் மறைப்புகள்

தன்னை இருக்கும். கிம்மனாதுக அத்த 3 நாளைச் சரிக்கப்பட்டவாக வேண்டிய காரணத்தால் ஏற்படுகிறது.

பொதுவாக ஒரு 'சாராஸ்' காலவட்டத்தில் 71 சத்திரவன் மறைப்புகள் நிகழும்; அவற்றில் நடு மறைப்புக்கும் முழு மறைப்புகளும் சேர்த்து ஏறத்தாழ 45-ஆக இருக்கும்.

கி. மு. 1207 முதல் கி. பி. 2107 வரை உள்ள சத்திரவன் சத்திரன் மறைப்புகளை எண்ணிப் பார்த்தால் 20 சத்திரவன் மறைப்புகளுக்குச் சாராசி 13 சத்திரன் மறைப்புகள் திசுவின்றன.

'சாராஸ்' என்ற காலவட்டம் தவிர மத்தும் சில காலவட்டங்களும் உள்ளன.

- (1) 6444 திசுக்கள் = 1,90,295-103 நாட்கள்  
= 521 ஆண்டுகள் + 3 அம்மது 4 நாட்கள்  
(2) 22325 திசுக்கள் = 6,59,270-38 நாட்கள்  
= 1805 ஆண்டுகள் + சில நாட்கள்.

#### பயிற்சி 17

1. ஒவ்வொரு அராவாகையன்றும் ஒரு சத்திரவன் மறைப்பும், ஒவ்வொரு பெயர்ச்சாரிப்பன்றும் ஒரு சத்திரன் மறைப்பும் திசுநாதிருப்பதற்குக் காரணங்கள் யாவை?

2. சத்திரன் கணுக்களுக்கும், சத்திரவன், சத்திரன் மறைப்பு கணுக்கும் உள்ள தொடர்புகள் என்ன?

3. உண்மையாகவே சத்திரவன் பாதையும் சத்திரன் பாதையும் ஒதுக்கியிட்டால் சத்திரவன், சத்திரன் மறைப்புகள் எப்படி மாறும்?

4. சத்திரவன் பாதைக்கும், சத்திரன் பாதைக்கும் உள்ள சராசுரிய அகலமாக 10° அல்லது 20° இருந்தால் சத்திரவன் சத்திரன் மறைப்புகள் எப்படி பாதிக்கப்படும்?

5. சத்திரனுக்கு ஏன் (சத்திரவனைப்போல்) நடு மறைப்பு ஏற்படுவதில்லை?

6. ஒரு சூழிப்பிட்ட கால கிடைவேளியில் சத்திரன் மறைப்பு களைவிடச் சத்திரவன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை அதிகம்! ஆனால், ஒரு சூழிப்பிட்ட கிடைத்தில் சத்திரவன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கை, சத்திரன் மறைப்புகளின் எண்ணிக்கையைவிடக் குறைவு. ஏன் எனக் காரணங்களுடன் விளக்குக.

7. சத்திரனின் தொடுவான மண்ணுடை கமையப் பிழை 57°; சத்திரவனது 9°. மண்ணுடை விளைவில்க்கும் திறக்கூடின் கோண விட்டத்தைக் கணக்கிடுக.

8. கதிரவன் செப்பநிலைத் திருப்பு முனையில் உள்வெயோது மூலச் சத்திரன் மறைப்பு ஒன்று நிகழ்ந்தது. அப்போது சரியாகி மறைபுத் தடவாயில் சத்திரன் வானூர்தியில் (Z) உட்கொது. காட்சியாளன் கிரேக்கும் கிடத்தின் அமைக்களை அதிர். (கதிரவன் கிரேக்கப் புள்ளி வீழ்ந்ததும்; அதன் நடுவரை விளக்கம்  $23^{\circ} 30'$ ; மறைப்பு அமைத் தன்விரவு 12 மணி.)

9. கதிரவன், ஒரு கணு N-விருக்கும்போது அமாவாசை; அந்தக் கணுவின் அமைப்பில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? அக் கணுவில் கிரேக்கும் தேதி ஜனவரி 19 எவ்வாறு அம்மாவாசை எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?

10. ஒரு திசையில் ஒரு சத்திரன் மறைப்பும் ஒரு கதிரவன் மறைப் புப் மட்டும் ஏற்பட முடியுமா? அதற்குரிய நிபந்தனைகளை விளக்குக.

11. கதிரவன் ஒரு கணு N-விருக்கும்போது பெளர்ணமி; அந்தக் கணுவின் அமைப்பில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? அப் பெளர்ணமி தேதி ஜூன் 15-ஆம் நாள்; எஞ்சிய ஆண்டில் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்? அந்த மூன்று ஆண்டில் எத்தனை மறைப்பு கள் ஏற்படலாம்? ஜூன் 15-ஆம் நாளுக்கு அடுத்த ஜூன் 15-ஆம் நாள் முதல் எத்தனை மறைப்புகள் ஏற்படலாம்?

12. தோராயமாக ஒரு மூலக் கதிரவன் மறைப்பு நிகழக்கூடிய மீட்பெரு நேரம் எத்தனை மணிக்கு கிரேக்கும் எனக் கணிக்க.

13. ஜனவரி 12-ஆம் நாள்  $7\frac{1}{2}$  மணிக்கு ஒரு சத்திரன் மறைப்பின் அமைக்கலாம்; அம்மாவாசை ஜூலை 11-ஆம் நாள் ஏற்பட்ட சத்திரன் மறைப்பின் அமைக்கலாம் மார்ச் 8 மணி. ஒரு திசைக் காணக் காரை எத்தனை நாட்கள்?

14. சத்திரனின்மேல் நித்தும் ஒரு மனிதனுக்கு (i) ஒரு மூலக் கதிரவன் மறைப்பு மண்ணுலகில் ஏற்படுக போதும், (ii) ஒரு மூலச் சத்திரன் மறைப்பு மண்ணுலகில் ஏற்படும்போதும் என்ன காட்சிகள் கிடைக்குமென ஆராய்க.

15. ஒவ்வொரு ஆண்டிலும் குறைந்தது 2 கதிரவன் மறைப்புகள் மண்ணுலகில் ஏற்படும் என நிறுவுக.

16. 1970-ஆம் ஆண்டு பிப்ரவரி மாதம் 21-ஆம் தேதி ஒரு சத்திரன் மறைப்பு நிகழ்ந்தது. மார்ச் மாதம் 7-ஆம் தேதி ஒரு கதிரவன் மறைப்பு நிகழ்ந்தது. அதற்குரிய காரணத்தை விளக்குக.

17. 1968-ஆம் ஆண்டு செப்டெம்பர் 22-ஆம் நாள் ஓர் அமாவாசை; அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிலிருந்து  $9^{\circ}$  பின்தள்ளியிருந்தது. அடுத்து அக்டோபர் 6-ஆம் நாள் ஒரு சத்திரன் மறைப்பு ஏற்பட முடியுமா எனக் காண்க.

சத்திரன், கதிரவன் மறைப்புடன்

18. மார்ச்சு 15-ஆம் நாள் ஞாநு மதியம். அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிற்று  $8^{\circ}$  பின்நகலியிருக்கிறது. அவ்வாண்டுகள் எத்தனை, எவ்வெவ்வகை மறைப்புடன் ஏற்படலாம் என்பதை ஆராய்க. (அ)

19. ஓர் அம்மவகைவலந்து பின்வரும் பதிலுடன் உகிணை :

கதிரவன் புவிமையத் தேர்தற்பு பிணை :	$8^{\circ}-7$
சத்திரன் புவிமையத் தேர்தற்பு பிணை :	$1^{\circ}1'20''-2$
கதிரவன் கோண அகரவிட்டம் :	$15^{\circ}48''-2$
சத்திரன் கோண அகரவிட்டம் :	$16^{\circ}42'-0$
சத்திரன் மையத்தில் அகரவங்கு :	$1^{\circ}4'8''-0$

அன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்பு இருக்கிறதா? (செ.)

ஒரு பெண்ணுரியவந்து அதே பதிலுடன் கிடைக்கும்வாறு அன்று ஒரு சத்திரன் மறைப்பு ஏற்பட வாய்ப்பு இருக்கிறதா?

20. கதிரவன், சத்திரன் மீவத்தின் கோண அகரவிட்டங்கள் ஞாநுபே  $15^{\circ}34'$ ;  $16^{\circ}1'$  எனவும், அவத்தின் புவிமையத் தேர்தற்பு பிணைகள் ஞாநுபே  $8^{\circ}-8$ ;  $57^{\circ}3'$  எனவும் கொடுக்கப்பட்டுள்ளன. சத்திரன் மையம் மண்ணுவகை நிறுவிக் கடக்கும்போது, அத்திறவின் கோணவிட்டம் என்ன.

அத் நிறுக்கும்பின் அக்கை ஒட்டிச் சத்திரன் மணிக்கு  $30^{\circ}-5$  கோணவேகம் பெற்றிருக்கிறதென நிறுவுக. (செ.)

21. கதிரவன் ஒளி மண்ணுவகைமேல் கிறும்போது ஏற்படும் கருநிறத் கூம்பின் ஞாநு அகரக்கோணம்  $\theta$ ; ஞாநுநிறத் கூம்பின் ஞாநு அகரக்கோணம்  $\theta'$ ; கதிரவனின் கோண அகரவிட்டம்  $a$  ஆனால்,  $2 \sin a = \sin \theta + \sin \theta'$  என நிறுவுக. கிதிவிர்த்து  $\theta = a - p$  என்ற தேர்தரபச் சமன்பாட்டை நிறுவுக.

22. பின் கொடுக்கப்பட்டிருக்கும் பதிலுனைக் கொண்டு, கதிரவன், சத்திரன் மறைப்புகள் தேர என்ன, கட்டுப்பாடுகள் தேகவ எனக் காண்க;  $p = 8^{\circ}$ ;  $p' = 57^{\circ}$ ;  $a = 16'$ ;  $a' = 15'$  (கிக்குறியீடுகளை மரபுப்படி கொ்க). (அ)

23. ஒரு கதிரவன் மறைப்பு மண்ணுவகை ஓர் மிடத்தில் ஞாநுமறைப்பாகவும் மற்றோமிடத்தில் நடுமறைப்பாகவும் இருக்க முடியுமென நிறுவுக.

24. ஒரு லிப் ஆண்டுகள் ஐ-ன் 27-ஆம் நாள் கதிரவன் ஒரு கணுவினின்று  $12^{\circ}$  பின்நகலியிருக்கிறது. அத்த ஞாநுப் பஞ்சாங்க ஆண்டுகள் எத்தனைக் கதிரவன் சத்திரன் மறைப்புகள் ஏற்பட்டிருக்கலாம்?

25. ஏசும்பர் 22-ஆம் தேதி ஓர் அமாவாசை நாளும், அன்று கதிரவன் ஒரு கணுவிற்குப் பின்னால் 3°23' தூரத்தில் இருந்தது. அந்தப் பஞ்சாங்க அளவாக எத்தனை வகை மறைப்புகள் ஏற்பட்டிருக்கலாம்? அதற்கு அடுத்த பஞ்சாங்க அளவாக எத்தனை எவ்வகை மறைப்புகள் ஏற்பட்டன?

### பின் க்ரீக்கணப்பு

1970-ஆம் ஆண்டிலுள்ள கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகள்: டிடம் பின்னர் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது.

1. சந்திரன் மறுதி மறைப்பு: பெர்ணாமி 21-2-1970 (இத்தியாவில் தெரியாது). கிடம்  $S_1$  (படம் 17a).

2. மூலக் கதிரவன் மறைப்பு: அமாவாசை 7-3-1970 (இத்தியாவில் தெரியாது). கிடம்  $S_2$ .

3. பருதிச் சந்திரன் மறைப்பு: பெர்ணாமி 17-8-1970 (இத்தியாவில் தெரியாது). கிடம்  $S_3$ .

4. கதிரவன் தகு மறைப்பு: அமாவாசை 31-8-1970 (இத்தியாவில் தெரியாது). கிடம்  $S_4$ .

இதில் நிபந்தனைகள் பின்னர் விளக்கப்பட்டுள்ளன.

1.  $S_1N=9^\circ$  எனக் கொள்வோம்;  $S_1$ -ல் கதிரவனிலிருந்து பெர்ணாமியாகவாக 21-2-1970 அன்று சந்திரன் மறைப்பு ஏற்பட்டது.

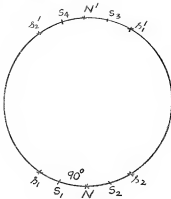
2. அரைத் திசைக் கழித்து கதிரவனிடம்  $S_2$  எனக் கொள்வோம். அப்போது  $S_1S_2=15^\circ 3'$ ;  $NS_2=6^\circ 3'$ ; அமாவாசை கதிரவன் மறைப்பு ஏற்பட்டது. 21-2-1970 ஓடு 14 நாட்கள் சென்ற 7-3-1970 அன்று அமாவாசை.

3. அரைக் கணுக் காலம் 173 நாட்கள் கழித்துக் கதிரவன்  $N'$ -க்கு மூலம்  $9^\circ$  கிடத்தில் இருக்கும்; 6 திசைகளுக்கு 177 நாட்கள் ஆதலால், மேலும் 4 நாட்கள் கழித்துக் கதிரவன்  $S_3$ -ல் இருக்கிறதெனக் கொள்வோம்.  $S_2N'=5^\circ$ ; அப்போது பெர்ணாமி; சந்திரன் மறைப்பு ஏற்படும். (அதற்கு மூன்று அமாவாசைகளில் கதிரவன் மறைவெற்பட வாய்ப்பு இல்லை.) 21-2-1970 ஓடு 177 நாட்கள் சென்ற 17-8-1970 என்ற நாளில் பெர்ணாமி அன்று சந்திரன் மறைப்பு.

4. 17-8-1970-க்குப் பின் அரைத் திசைகளில் அமாவாசை வரும்; அதாவது 31-8-1970 அமாவாசை. அன்று கதிரவனிடம்  $S_4$  எனக் கொள்வோம்.  $S_3S_4=15^\circ 3'$ ;  $S_3N'=5^\circ$ .



சத்திரன், சதிரவன் மறைப்புடன்



படம் 17 (n)

$$18^\circ \cdot 5 = s_1 N = N s_2 = s_3' N' = N' s_4$$

∴  $N' S_4 = 18^\circ \cdot 3$  எனவே, சதிரவன் மறைவேற்பட வாய்ப்புண்டு.

$S_1$  — 21-2-70 — பெனாட்னாமி — சத்திரன் மறைப்பு;

$S_2$  — 7-3-70 — அமாவாசை — சதிரவன் மறைப்பு;

$S_3$  — 17-8-70 — பெனாட்னாமி — சத்திரன் மறைப்பு;

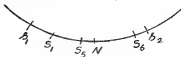
$S_4$  — 31-8-70 — அமாவாசை — சதிரவன் மறைப்பு.

இதற்குமேல், சதிரவன் மறுபடியும்  $S_4$ -க்கு வர 346 நாட்களாகும்; அதற்குமேல் 8 நாள் அடுத்தது 12 திங்கள்கள் முடிவாகும்; எனவே, 21-2-1970-ஓடு 354 நாள் சேர்த்தால் அது 10-2-1971 ஆகும்; அடுத்த ஆண்டாக வரும். அதற்குமுன் 14-யது நாளும் 1971-ல் தான் வரும். எனவே, 1970-ஆம் ஆண்டாக மேற்கூறிய 4 மறைவுகள் மட்டுமே. அவற்றின் திரை① சத்திரன் மறைப்பு; திரை② சதிரவன் மறைப்பு.

ஆகும், மற்றக் காரணங்களால் இத் தாள் கு மறைப்புகளும் இந்தியாவில் தெரியாது.

1971-ஆம் ஆண்டில்,

10-2-1971 அன்று ஒரு பெண்ணரி ஆகும். அன்று கதிரவன்  $S_2$ -ல் இருப்பதாகக் கொள். (படம் 17-b)



படம் 17 (b)

$S_1 S_2 = 8^\circ$ ; எனவே,  $S_2 N = 1^\circ$ ; ஆகவே, 10-2-1971 அன்று ஒரு சந்திரன் மறைப்பு (இந்தியாவில் தெரியாது).

அகாதி திசை அறித்து, அதாவது 25-2-1971 அன்று அமாவாசை; கதிரவன் அன்று  $S_4$  என்ற இடத்தில் இருந்தால்  $S_2 S_4 = 15^\circ 3'$ ;  $N S_4 = 14^\circ 3'$  எனவே,  $S_4$ -ல் அதாவது 25-2-1971 அன்று ஒரு கதிரவன் மறைப்பு ஏற்படும் (இந்தியாவில் தெரியாது).

இதற்குமேல் இதை மூன்றடியாக, அடுத்த கணு  $N'$ -ல் அன்னமயில் திசைக்கூடிய கதிரவன் சந்திரன் மறைப்புகளை அறியலாம். பதிலாக வாக்கொண்டு பஞ்சாயகம் பார்த்து, சரியாவென அறிந்து கொள்.

## 17-A. இடை மறைவும் (Occultations)

### இடை ஓட்டமும் (Transits)

17-A. இடைமறைவு : சந்திரன், மன்னுலகை வலம் வரும் யோவழிக் காலம் 27½ நாட்களெனவும், விண்மீன்கள் பின்னணியில் அது கிழக்கு நோக்கி இயக்கம் பெற்றிருக்கிறதெனவும் நாம் அறிவோம்; இவ்விவரத்தின் சந்திரன் 'நனி'வேகம், மணிக்கு 30'-க்கு மேற்பட்டது.\* இப்படி விண்மீன்கள் பின்னணியில் சந்திரன் வலம் வரும்போது, தொடர்ச்சியாக, அது மன்னுலகத்திற்கும் விண்மீன் எலுக்கும்மையே நகர்ந்து வருகிறது. அப்படி வரும்போது சந்திரன் ஒவ்வொரு விண்மீனை நமது காட்சியினின்றும் இடைமறித்து மறைக்கிறது. இதுவே சந்திரனாக விண்மீனுக்கு மீளையும் இடைமறைவு எனப்படும். சொஞ்சு நோத்திற்குப்பின் விண்மீன் காட்சிக்கு வந்துவிடும்.

இம் மறைவு, ஆரம்பிக்கும்போது, நுழைதல் (Immersion) எனவும், காட்சிக்கு மறுபடியும் வரும்போது வெளிவருதல் (Emergence) எனவும் பெயர்பெறும். இவ்விரு நிகழ்ச்சிகளும் கண் மூடித் திறப்பதற்குள் ஏற்படுகின்றன. பிரண்டன் ஒரு சமயத்தை துட்பயாசை பதிவுசெய்தால், நமக்கு அம் விண்மீனின் கிடம் தெரியுமாயின், அப்போது, சந்திரன் கிடுக்குமிடத்தைக் குதிக்க முடியும். மூள்கை, இந்த மறைவுகளின் உதவி கொண்டுதான், மன்னுலகில் ஒர் கிடத்தின்மேட்டாகக் கணிக்கப்பட்டது. ஆனால், இப்போதுமேட்டாகக் குள் கணிக்க, கதிரியக்க அறிவிப்புடன் பயன்படுத்தப்படுகின்றன.

மாதிரிப் பஞ்சாங்கத்தில், ஆண்டுதோறும் அவ்வாண்டில் ஏற்படும் முக்கியமான விண்மீன்களின் இடைமறைவுக் காலங்களும் மற்ற விவரங்களும் கொடுக்கப்படுகின்றன.

இவ்விதமான இடைமறைவுகள் பவலகைகளில் வானியல் ஆராய்ச்சிக்குப் பயன்படுத்தப்படுகின்றன. இவ்விடை மறைவுகளைக் 'கிரகணங்கள்' எனப்போது கிணைப்பதில் தவறிக்கீழ்.

$$\begin{aligned} * \text{ நனிவேகம் (மேகணிஸ்)} &= \frac{360 \times 60}{27\frac{1}{2} \times 24} \text{ (ஒரு மணிக்கு, கிலோமீட்டர்)} \\ &= 33' \text{ (மேதாவயாகை)} \end{aligned}$$

17-B. இடை ஓட்டம்: கதிரவன் தட்டின் குறுக்கே ஒரு கோள் ஒடிமறைவதும், 'சிரண்கங்கள்', 'இடைமறைவுகள்' எனத் தாட்சிகம் பார்ப்பதும். கதிரவனுக்கும் மண்ணுவளிக்கும் இடைவெளி கிரகங்கிலவும் ஒரு கோள், தன் பயணவீதியில், கதிரவன் ஒளித்தட்டின் குறுக்கே ஒடிமறைவ வாய்ப்புண்டு. புதனும் வெள்ளியும் மட்டுமே கிவ்வாறு நாம் காணும்வகையில் கதிரவன் தட்டின் குறுக்கே ஒடிமறைவ முடியும். இப்படி ஒடிமறைவதே, கோளின் 'இடை ஓட்டம்' (transit) எனப் படும். மத்தக் கோள்கள் ஒடிமறையினும் நாம் அவற்றின் இடை ஓட்டங்களைப் பார்க்கமுடியாது.

அப்படியே புதனோ, வெள்ளியோ கதிரவன் தட்டின் குறுக்கே ஓடும் போது, கதிரவன்மேல் ஒரு கரும்புள்ளி ஓடுவது போலத் தோன்றும்.

வெள்ளியோட்டத்தைக் கொண்டு (transit of Venus) முன்னர்க் கதிரவன் தூரம் கணிக்கப்படும் முறை வழக்கிலிருந்தது. ஆனால், இப்போது அம்முறை வழக்கற்றுவிட்டது. மேலும், சிவமுறைகள் வானியல் வழக்கில் வந்துவிட்டன. கீழேயுள்ள பட்டியலில் கூட்டத் சிற ஆண்டுகளிலும், வரப்போகும் தூற்றாண்டிலும், வெள்ளி, புதன் கிவ்வாறு இடை ஓட்டம்பெற்ற பெரும் / காலங்கள் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

வெள்ளி இடைபோட்டம்	கால இடைவெளி ஆண்டுகள்	புதன் இடைபோட்டம்	கால இடைவெளி ஆண்டுகள்
1822, டிசம்பர் 6	121-5	1907, தவம்பர் 12	7-0
2004, ஜூன் 7		1914, தவம்பர் 6	
		1924, மே 7	
		1927, தவம்பர் 8	
2012, ஜூன் 5	8-0	1937, மே 11	9-5
	105-5	1940, தவம்பர் 12	13-0
		1953, தவம்பர் 13	
2117, டிசம்பர் 10		1957, மே 5	
		1960, தவம்பர் 6	
2125, டிசம்பர் 8	8-0	1970, மே 9	9-5
		1973, தவம்பர் 9	13-0
		1986, தவம்பர் 12	
		1999, தவம்பர் 14	

## 18. சம இரவுப் புள்ளிகளின் பின்னகர்ச்சி அச்சைவு (Precession of the Equinoxes and Nutation)

18-0. 7 என்ற ஒரு கற்பனை விண்மீன்வெண்ணு நாம் மீன் வழிச் சாரம் வகுத்தோம். 7 என்பது வான நடுவரையும் கதிரவன் பாதையும் வெட்டும் விண்ணுட்களில் ஏதுபுள்ளி என நாம் அதிவேசம். 7 என்பது விண்மீன்கள் பின்னணியில் கிடம் வாகுதவொரு புள்ளி வேளின், 7 வெண்ணு வகுக்கும் மீன்வழி நாளும், மற்ற ஏதேனுமொரு விண்மீன்வெண்ணு வகுக்கும் மீன்வழி நாளும் சமமாயிருக்கும். விண்ணெனியில் கதிரவன் பாதையும், வான நடுவரையும் நிலைத்த பெருவட்டங்களாகும், 7-ம் நிலைத்த ஒரு புள்ளியாக இருக்கும். 7 ஒரு நிலையான புள்ளியாக இவ்வாறியும், கதிரவன் 7-விருத்து மறுபடியும் வந்ததையும் என கிடைவெளியான மீன்வழி ஒன்றும் கதிரவன் ஒரு குறித்த விண்மீன்வெண்ணு ஒரு முழுச் சுற்றச் சுற்றி வரும் என கிடைவெளியும் சமமாயிராது. (12-9 காண்க.)

18-1. கி. மு. பிரண்டன் தூற்றன்குள் பிப்பகுதியில் வாழ்ந்த நயிப்பன்கள் முக்கூறிய பிரண்டு என கிடைவெளிகளுக்கும் ஒரு சிறு வேறுபாட்டைக் கண்டார். [கி.பி.வேறுபாடு கண்ட சோதனை முறைகளை Sir Harold Spencer Jones விவற்றிய 'பொது வானியல்' (General Astronomy) என்ற நூலில் காண்க.] கி.பி. வேறுபாட்டைப் பிச்சுறப்பறும் வகையிதான் காரண கரிய முறைப்படி விளக்க முடியும்.

‘7 ஒரு நிலைத்த புள்ளியன்று; அது விண்மீன்கள் பின்னணியில் ஒரு சிறு நகர்ச்சி பெற்றிருக்கிறது. இத் நகர்ச்சி ஏற்படக் காரணம் பாதெனில் வான நடுவரையையோ, அல்லது கதிரவன் பாதையையோ, அல்லது பிரண்டனுடையோ சரியாக கிடங்குதிக்க இயலாது.’

இதற்குச் சான்று, தமிழ்பார்க்கும் பல ஆண்டுக்கொருமுறை ஆராய்ச்சியில், (1) விண்மீன்களின் வான வெட்டாக்கு ஆண்டுதோறும் ஏறத்தாழ 50" மிகுமையும்கூடும்; (2) விண்மீன்களின் வான அகராசியில் மாறுதலே ஏற்படாமலிருப்பதையும் காட்டாது.

இதனுள் 7 நகர்த்தெனையும், அது தெரிவன் பாதையின் மேலேயே நகர்த்து எனவும், அந்நகர்த்தி தெரிவன் போக்கிற்கு எதிர்த்திசையில் உண்டெனவும் முடிவு கிட்டலாம்.

இவ்வுடல் தட்பமாகப் பார்க்கப்போனால், நடுவரை, தெரிவன் பாதை ஆகிய இரண்டுமே நிலத்தையடியில் என்ற முடிவுக்கு வர வேண்டியிருக்கிறது. மேலும், நடுவரை அசையு அதிசம், தெரிவன் பாதையாகவு ஏற்றுக் குதையு எப்பதற்கும் சான்றுகள் கிடைக்கின்றன. சான்றுகள் யாதெனின், விண்மீன்களின் நடுவரை விவக்கிதில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள், அவற்றின் விண் அகலாக்கில் ஏற்படும் மாறுபாடுகளையிட மிகையாகவே உள்ளன. எனவே, 7-ம் உ-ம் (சமவிரவுப் புள்ளிகளினாலும்) மெய்யமெய்யாக தெரிவன் பாதைமேல் தவழ்கின்றன. சமவிரவுப் புள்ளிகளின் நகர்த்தி தெரிவன் கிணக்கத்திசைக்கு எதிர்ப்பக்கம் (அதாவது வலஞ்சுழியாக) ஏற்படுகிறது. ஆனால், இந்த நகர்த்தியின் சிறப்பு யாதெனின், 7, உ-ம் மேல்க்க தெரிவன் பாதையின் நடுவராகும், வான நடுவரைக்கும் தெரிவன் பாதைக்கும் உள்ள சாய்வு (ம = 23° 27") மாறுவதில்லை.

7, உ-ம் வலஞ்சுழியாக, தெரிவன் பாதையின்மேல் நகரும் வேகம் மிகக் குதையு, ஆண்டிற்கு 50"-26 தான். இதன் விளைவாக மூன் கூறப்பட்ட 'ஆண்டு' வேறுபாடு ஓராண்டில் 20 நிமிடங்களை யாகும். ஆனால், கிம்வேறுபாடு படிப்படியாக ஆண்டுதோறும் திரண்டு வருவதன்று (not cumulative).

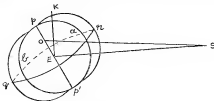
18-2. சம இரவுப் புள்ளிகளின் வினைகாக்கிக்கு இயற் பொருள் காத்த காரணம் (Physical causes of the procession of the equinoxes): திட்டின் கருத்த 'தூர் மிகுபடி எதிர்த்திசை நகர்த்தி விண்மீன்களின் வினைகாக்கி கூறப்பட்ட வினைகாக்கி ஏற்படுகிறதென்று தெரிகிறது. இதனைச் சந்த வினைக்குமேல்.

மண்ணுளகம் ஒரு சரியான கோளமாக இருந்தால், தெரிவனின் எதிர்ப்பு வினை, மண்ணுளகத்தினால் ஆண்டுகளில் பாதையின் சீராகச் சமூகவதற்கு மட்டுமே வழி செய்திருக்கும்.

ஆனால், மண்ணுளகம் ஒரு சரியான உருண்டை அல்லது கோளமாய்க்கில்லை; அது ஒரு நீக்கப்பட்ட கோள உருவம் பெற்றிருக்கிறதென

தாம் 2-3 (4)-ம் கூறினோம். அது எப்படி அம்சுருவம் பெற்றதெனவும் கண்டோம். அதன் நடுவரை விட்டம் 7926.5 மைல்; துருவ விட்டம் 7900 மைல்.

அதாவது மண்ணுலகம் நடுவரைப் பகுதிகளில் சற்றுப் பெருத்தும் (சற்று உட்பனாகவும்) துருவப் பகுதிகளில் சற்றுச் சுருங்கியும் (சற்றுத் தட்டையாகவும்) இருக்கிறது. படம் 13-2-ம்  $p'p$  என்பது மண்ணுலகத் துருவச் சுழலச்சு;  $qr$  என்பது மண்ணுலக நடுவரை.  $S$  கதிரவன் மீடம்;  $E$  மண்ணுலக கையம்;  $E$  என்ற கோடு கதிரவன்



படம் 13-2

பாதைத்தளத்தில் உள்ளது;  $En$  என்பது கதிரவன் பாதைத் தளத் திக்கு  $E$  வழியாகச் செங்குத்துக்கிணடு; எனவே,  $pEn = 90^\circ$  (அதாவது நடுவரைக்கும் கதிரவன் பாதைக்குமுள்ள சாய்வு).

மண்ணுலக அச்சு  $pp'$ -ஐ விட்டமாகக்கொண்டு ஒரு கோணம் வரைக. கதிரவன் மண்ணுலகத்தை தன் பக்கம் ஈர்க்கும் சக்தியை மூன்று பிரிவுகளாகக் கொள்ளலாம். (1)  $pp'E$  விட்டமாகக்கொண்ட சரிவான கோணப் பகுதியை ( $pp'E$ ) வலிக்கும் சக்தி; (2)  $ppp'$  என்ற பகுதியை வலிக்கும் சக்தி; (3)  $ppp'$  என்ற பகுதியை வலிக்கும் சக்தி. சரிவான கோணப் பகுதியில் ஈர்க்கும் விசை மண்ணுலக கையம்புறியே செங்குத்தும். ஏனெனில், அப்பகுதி சமச்சீருகடையது. திரண்டாவது பகுதி  $ppp'$  மூன்றாவது பகுதியைவிடக் கதிரவனுக்கு அண்மையில் இருப்பதால் அதை ஈர்க்கும் விசை மூன்றாவது விசையைவிட அதிக மிருக்கும் (தூர இருபடி எதிர் விதி). எனவே, திம்மூன்று ஈர்ப்பு விசைகளின் விளைவான ஈர்ப்பு விசை (resultant pull), மண்ணுலக கையம்  $E$  வழியாகச் செல்லாமல் அதற்குச் சற்றுக் கீழா அகலது மேலே  $O$  என்ற ஒரு புவிவீ வழியே செங்குத்தும்.

கிதன் காரணமாக  $pp'$  என்ற துருவ அச்சு, கதிரவன் பாதைத் தளத்திற்கு ( $SE$ ) செங்குத்தாக வந்ததையுமாத் தவிர்த்து கிழுகைப் படுகிறது; அதாவது  $pp'$  என்ற அச்சு  $Ex$  ஒரு கிணையும் வகையில் ஈர்க்கப்படுகிறது. ஆனால், மண்ணுலகம் தன்வசமான  $pp'$ யி் சுழலும் போன்று வேகமாகச் சுழன்று கொண்டிருப்பதால்,  $pp'$ -ம்  $Ex$ -ம் கிணைத்துவிடுவதில்லை. (அப்படி கிணைத்துவிடும் நடுவகையுள் கதிரவன் பாதையும் ஒன்றும் கிணைத்துவிடும்.)

கித்தச் சூழ்திறையில் மண்ணுலகம் திசை தவறாமல் கிவக்கவேண்டுமாயின்,  $pp'$  என்ற துருவச் சுழலச்சு,  $Ex$ ய் அச்சாகவும்,  $Ex$  முனைவாகவும் கொண்டு, ஒரு கூம்பின் வெளிப்புறத்தில் சுழற்சி பெற வேண்டுமென்பது கணப்பொருள் கிவக்க கிவகம் (Dynamics of a Rigid Body) தாம் காணும் ஒரு விதியாகும். அக் கூம்பின் கூச்சிக் கோணப்பாதி  $\omega$  (semi vertical angle of the cone) ஆகும். கிவகானு  $pEp'$  கிவக்குவதை அச்சத் திசையளவு எவ்வளவு.\*

18-2-1. சத்திரன் ஈர்ப்பு: கதிரவன் சத்திரனைவிடப் பரிமாடக்கு பெரிதொரு நாமறிவோம். கிழப்பினும் கதிரவனைவிடச் சத்திரன் மண்ணுலகிற்கு மிக அருகில் கிழப்பதால் மண்ணுலகின் பகுத்த பக்கத்தாகச் சத்திரவன் ஈர்க்கும் விசையைப்போல சத்திரனுடைய ஈர்ப்பு விசை கிழமடக்கு எனக் கணிக்கப்பட்டிருக்கிறது. சத்திரனும் கதிரவனும் ஒரே பாதையில் கிவக்குகின்றன எனக் கொண்டால், கதிரவன் ஈர்ப்பு விசையும், சத்திரன் ஈர்ப்பு விசையும் ஒன்று சேர்த்து துருவ அச்சு  $pp'$  என்ற துருவ முக்கிய கூம்பின் டுர்டிசெர் சுழல்வதற்கு ஏதுவாகின்றன. கிவ்விரு ஈர்ப்புச் சக்திகளும் சேர்த்து கிவ்விக்கும் நகர்ச்சி ஞாயிற்று திங்கை கூட்டுநகர்ச்சி (Luni Solar Precession) எனப்படும்.

18-2-2. கிவ்விரு ஈர்ப்பு விசைகளின்மூலம், மற்றக் கோள்களும் மண்ணுலகை ஈர்க்கும். அவ்விரு விசைகளின் கிணைவாக ஏற்படும் நகர்ச்சி கோள்கிணைவு நகர்ச்சி (Planetary precession) எனப்படும்.

18-2-3. கதிரவன், சத்திரன், கோள்கள் யாவும் ஒன்று சேர்த்து மண்ணுலகை ஈர்ப்பதனும் ஏற்படும் நகர்ச்சி பொதுநகர்ச்சி (General precession) எனப்படும்.

\* கிவ்விசைக் காரண கதிரவ முகையில் கிவ்வி விசைக்கிடமிருந்து, சுருக்கமான விசைக் Jones-General Astronomy என்ற துறையில் பக்கம் 55-ல் காண்க; மூத்தம் Barlow and Bryan: Elementary Mathematical Astronomy என்ற துறில் பகுதி XVIII, பிரிவு III-ல் காண்க. கிதர்ஸ் Bouth: Dynamics of a Rigid Body என்ற துறில் மிஸ்டர் கிவ்வி (Motion of a Top) என்ற பகுதியில் காண்க.



குறிப்பு: மேலே விளக்கப்பட்ட  $np$ -ன் சுழற்சி, ஒரு பம்பரத்தின் இயக்கத்தோடு ஒப்பிடலாக விளக்கமுறும். ஒரு பம்பரம் மேலே மூச்சு கழன்று கொண்டிருக்கும்போது, அதன் எடை காரணமாகப் பூமியை நோக்கி இழுக்கப்படுகிறது. எனினும், அதன் சுழற்சி காரணமாகப் பம்பரம் கீழே விழாமல், அப் பம்பரத்தின் அச்சு, தரை மட்டத்திற்குச் செங்குத்தான அச்சு அமையக்கொண்டு, ஒரு கூம்பின் வெளிப்புறத்தில் சுழலுவதைக் காண்க. இது கனர்ப்பொருள் இயக்க விவரில் 'பம்பரத்தின் இயக்கம்' (Motion of a top) என்ற தலைப்பில் விரிவாக விளக்கப்பட்டிருக்கும். (Routh: Rigid Dynamics என்ற துறியில்கூட காண்க.)

18-2-4. இவ்வாறாக வான நடுவரை, கதிரவன் பாதைமீது அதன் கால்வு மாறாமல் சுழன்றுகொண்டு இருக்கிறது. இதுவரை நாம் நினைத்த புள்ளிகளாகக்கொண்ட சம கிரவுப் புள்ளிகள் (7, ௬ கிரவுள்கள்) வலஞ்சுழியாக மெல்லக் கதிரவன் பாதையோடு நகர்கின்றன. இந் நகர்ச்சி கதிரவன் தன் பாதையோடு செல்லும் திசைக்கு எதிர்த்திசையில் இருக்கின்றது எனவும் அங்கிரு புள்ளிகளின் வலஞ்சுழி வேகம் ஆண்டுக்கு  $50'' \cdot 26$  எனவும் மூன்று கூறப்பட்டது. கதிரவன் மேட மூதற்புள்ளி 7-விருந்து புறப்பட்டு மீண்டும் அப்புள்ளியை அடைபும் வரைபுள்ள காலம் ஒரு பருவ ஆண்டு எனக் கூறப்படுகிறது. ஆனால், மேட மூதற்புள்ளி 7 மீண்டுக்கு நகர்வதாக கதிரவன் நாம் இதுவரை கருத்திற் கொண்ட காலத்தையிட மூன்றுகூடியே அப்புள்ளியை அடைந்துவிடுகிறது; இவ்வாறாகப் பருவ ஆண்டின் காலம் குறைகிறது. இக் குறைவு 20 நிமிட அளவுதான் என்று மூளைச் 18-1-ல் கூறப்பட்டதைக் கவனத்தில் கொள்க.

18-3. சம கிரவுப் புள்ளிகள் நகர்ச்சியின் விளைவுகள்

(1) கதிரவன் பாதைமீதுள்ள மேட மூதற்புள்ளி  $50'' \cdot 26$  மின் நேக்கி நகர்வதாக அப்புள்ளியை நினைவாக வைத்து அளக்கப்படுகின்ற ஆவத்தொலைவளின் அளவுகள் ஆண்டுக்கு அதே அளவு மாறிக் கொண்டே இருக்கும்; நடுவரை விளக்கங்களும் மாறும். கதிரவன் பாதைத்தளம் குறிப்பிடத்தக்க அளவு மாறாமலிருப்பதால் அகலங்களுக்க் மாறாது.

(2) மேட, துணை மூதற்புள்ளிகளுக்கு அப்பெயர்ச்சுக் கொடுக்கப் பட்ட காலத்திற், அதை மேட, துணை கிராசி மண்டலங்களில் இருந்தன. ஆனால், கீழ்ப்போது அதை நகர்த்து மூதற்பே மீனம், கன்னி, கிராசி மண்டலங்களில் இருக்கின்றன; எனினும் அவற்றின் பெயர்கள் மாற்றப்படவில்லை. இவ்வாறாக அதை காலப்போக்கில் ஒரே

மீரட்சி மண்டலத்திலிருந்து அடுத்த மண்டலத்திற்கு நகர்த்தபெயர்வு  
 அளவு =  $\frac{360 \times 60 \times 60}{50 \cdot 26} \times \frac{1}{12} = 2150$  ஆண்டுகளாகும்.

எனினும், அந்தநகர்சி கதிரவன் பாதைமேலேயே தானிருக்கும் ;  
 தடுவரைக்கும் கதிரவன் பாதைக்குமுள்ள சாய்வு மாதிரி.

(3) இத் நகர்ச்சி காரணமாகச் சம மீரவுப் புள்ளிகளை கிணைக்கும்  
 தேஜ்கோடான  $\gamma$ -ல், ஆண்டுக்கு  $50'' \cdot 26$  வரலாகுபடியாகச் சுற்றுகிறது.  
 எனவே, ஏறக்குறைய 26,000 ஆண்டுகள் ஒரு மூலச் சுற்றுச் சுற்றி  
 விடும். இக் காலத்தை சமமீரவுப் புள்ளி நகர்ச்சிக் காலவட்டம் என்று  
 கூறுகின்றோம். மேலும், கதிரவன் பாதையின் கவிபக் கோடும்  
 ஆண்டுக்கு  $11'' \cdot 25$  கிடங்குபடியாகச் சுற்றி வருகிறது. எனவே,  
 ஓரண்டுக்குச் சம மீரவுப் புள்ளிகளை கிணைக்கும் தேஜ்கோடு கவிபக்  
 கோட்டிலிருந்து  $50'' \cdot 26 + 11'' \cdot 25 = 61'' \cdot 51$  விவகிச் செல்கிறது. எனவே,  
 கவிபக் கோட்டின் பின்னணியில் தேஜ்கோடு  $\gamma$ -ல் எந்த கோடு  $360''$   
 சுற்றிவர எடுத்துக்கொள்ளும் அளவு =  $\frac{360 \times 60 \times 60}{61 \cdot 51} = 21070$  ஆண்டு  
 களாகும். எனவே, 10535 ஆண்டுகள் கழித்துப் பார்ப்போமேயானால்  
 தற்போதுள்ள கோடைக்கால அளவைப்போல் குளிர்கால அளவும்,  
 குளிர்கால அளவைப்போல் கோடைக்கால அளவும் இருக்கும்.

(4) மண்ணுய்கள் கழல்கை (Fp'N) மிருபுறம் திட்டினால்  
 அவ்வக்க வானக் கோளத்தை மிரு புள்ளிகள் p, p'-ல் வெட்டுமென  
 முன்னர்த் கண்டோம். இதனவரை கிம்வக்க நிலைத் கோட்டைக்  
 கோண்டதால் அவ்விரு புள்ளிகளும் நிலைத் புள்ளிகளெனத்  
 கொண்டோம். ஆனால், இத் நகர்ச்சி காரணமாக, வானக்கோளத்  
 துருவப்புள்ளிகள் p, p' கிரண்டும், கதிரவன் பாதைத் துருவங்கள்  
 Kp'Nச் சுற்றி, ன் கோண அளவையிட்டமுள்ள வட்டங்கள் வரல்கின்றன.  
 துருவங்களுக்கு அருகில் உள்ள ஒளிக்கை விண்மீன் துருவ வின்  
 மின்னெனப்படும். சில ஆயிரம் ஆண்டுகள் கழித்துப் பார்த்தால் அந்தத்  
 துருவ விண்மீனிடம் இருந்து துருவப் புள்ளியானது அதிக தூரம்  
 செல்திருக்கும். எனவே, அந்த விண்மீனைக் கொண்டு நாம் துருவப்  
 புள்ளியை நிர்ணயிக்க முடியாது. கிப்போது துருவப் புள்ளிக்கு  
 அருகில் உள்ள ஒளிக்கை விண்மீனைத் துருவ விண்மீன் என்று கூறு  
 கின்றோம். மூல்பு துருவ விண்மீன் என்று அழைக்கப்பட்ட விண்மீன்  
 தன் பெயரை கீழ்த்துவழிகிறது. கிம்வாறு தொடர்த்து துருவப்  
 புள்ளிக்கு அருகில் அவ்வப்போது வந்தவையுமே ஒளிக்கை விண்மீன்  
 துருவ விண்மீன் என்று கூறப்படும். இவ்வு நாம் துருவமீன் என  
 அழைக்கும் விண்மீன், ஏறக்குறைய 13,000 ஆண்டுகளுக்குப்பின்

அப்போதைய துருவப் புக்கியிலிருந்து ஏறக்குறைய  $47^\circ$  அளவு திருக்கும்.

18-4. சம திரவுப் புள்ளி நகர்த்தி—விக்கத்தினையளவு—கடிகர் குறையும் இயல்புகள்: ஆண்டுதோறும் சம திரவுப் புள்ளி நகர்த்தி  $50''26$  எனக் கூறினோம். ஆனால், ஓராண்டுக் காலத்தில் இது சீராக ஏற்படுவதில்லை. அதாவது சம திரவுப் புள்ளியைக் கடக்கும்போது, நகர்த்தியோது; வெப்பக்கால, மாநிலக்காலத் திருப்பங்களாகக் கடக்கும் போது, நகர்த்தி கீழ்ப்போது அளவு பெறுகிறது. சத்திரன் ஈர்ப்பினால் ஏற்படும் நகர்த்தி திசையிருமுறை, சத்திரன் நடுவகாரைப் கடக்கும்போது ஏதையிருப்பதில்லை. எனவே, ஓராண்டுக் காலத்தில் சில சமயங்களில் கூடியும், சில சமயங்களில் குறைத்தும் இந்தநகர்த்தி உருவாகிறது.

இந்த  $50''26$  அளவும் மாறிவிடாது. சில ஆண்டுகளில் கூடியும், சில ஆண்டுகளில் குறைத்தும் ஏற்படுகின்றது. இக் கூட்டிக் குறையும் தன்மைக்குக் காரணம் பின்வருமாறு:

அதாவது இயக்கப் பாதையை, சத்திரன் இயக்கப்பாதை கடக்கும் மிகுதனுக்களும் (nodes) நினைத்தமையவிய [ $^\circ$  சத்திரன்'  $11-8.1$  என்க]. அவை ஆண்டிற்கு  $15''21$  வேண்டுகோள்தில் வலஞ்சுழியாகக் அதாவது பாதையின் ஈர்த்து செல்கின்றன. அக் கணுக் காலவட்டம்  $18-6$  ஆண்டுக்கே. அக் கணுக்கள் இயங்கும்போது, ஒரு சமயம் ஏறகணு  $7-8$  கிலையுமாவும், அப்போது சத்திரன் பாதைக்கும் நடுவகாரக்கும் உச்சம் சாய்வு ஏறக்குறைய  $23''30'$  இருக்கும்.  $9-3$  ஆண்டுகள் கழித்து, ஏறகணு  $1-2$  கிலையுமாவோது, இச்சாய்வு ஏறக்குறைய  $15''$  எனக் இருக்கும். எனவே, இங்குக் கூறப்பட்ட முறையிலேயே ஏற்படும் ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக விளையும் நகர்த்தியும் அளவையும், திரவ்டாம் நிலையிக் ஏற்படும் நகர்த்தி, அளவையிட யிக் அதிசயமாக இருக்கும்.

சத்திரன் பாதைச் சாய்வு காரணமாகவும், அச்சையிலேயே கால வட்டத்தில் ஏற்படும் மாறுதல்கள் காரணமாகவும், அதாவது காலவட்டமும் சத்திரன் ஈர்ப்புவிசை மிகுதல்கள் மிகுப்பதன் காரணமாகவும், நகர்த்தி அளவு பந்திய கணிப்புகள் மேலும் சிக்கலாகின்றன.

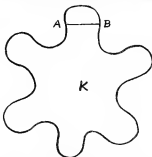
18-4.1. அச்சகவடிவு (மண்ணுலக கழியக்கின் சிற்றூசு வட்டம்—Nutation): மண்ணுலக கையம்  $E$  வழியாக, அதாவது பாதைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் நேர்க்கோடு  $Ex$  எனவும், சத்திரன் பாதைத் தளத்திற்குச் செங்குத்தாக வரையப்படும் நேர்க்கோடு  $Ex'$  எனவும் வேகம். அதாவது ஈர்ப்பு விசையின் காரணமாக  $EP$  என்ற கோடு  $E$  என்ற புக்கியை

மூலையாகவும்  $EN$  நடு அச்சாகவும், ஈழைக் கோணப் பாதியாகவும் கோண்ட ஒரு கூம்பின் மேற்பரப்பில் தவழ்கிறதெனப் பர்த்தோம். அங்ஙனமே சந்திரன் அப்படி விசையின் அரையாக,  $EP$  என்ற கோடு  $E$  என்ற புக்கிணைய மூலையாகவும்  $EN$  நடு அச்சாகவும் கோண்ட மற்றொரு கூம்பின் மேற்பரப்பில் தவழும். இவ்விரு அப்படி விசைகளும் ஒன்றுசேர்த்து, மண்ணுலகிலே அக்கும் நிலையில்,  $EP$ -ன் அகலவு, 15-4-ல் குறிப்பிட்ட அரண்களால் சித்தமடைகிறது.

இவ்வாறான மாதுவிசைகளின் விளைவாக,  $P$ -ன் நிலக்குவழி  $K$ இச் சுற்றி ஒரு சிவன சிறுவட்டமாக அமைவானல் 15-4-1-ல் காட்டியபடி, ஒருக்கால வளைவுகள் நிகழ்ந்த ஒரு பாதையாகிறது.

எனவே, துருவ அச்ச ஊவாடுகின்றதைப் பர்த்தோம். இதுவே அச்சவைய அல்லது மண்ணுலகச் சுழலச்சின் சித்ஞாவட்டம் எனப்படும்.

உ-கிர்த்து, மேற்காட்டிய பாதையின் சராசரி தூரம்  $m$ .  $AB$  என்ற வளைவுப் பகுதி 15-6 ஆண்டுக் காலவட்டம் பெற்றது. மூலச்



15-4-1

சுற்றளவு காலத்திற் 1400 வளைவுகள் இருக்கும் என்பதைக் காண்க  

$$\left( \frac{25800}{15-6} - 1400 \right).$$

**பயிற்சி 18**

1. சம கிரவுப் புள்ளிகளின் நகீக்கி காரணமாக மேடம், தூண்ம் புள்ளிகம், 2150 ஆண்டுக்கு ஒரு மூன்ற பெயர் மாற்றம் பெற வேண்டிய காரணம்மென்ன?

2. பின்வருவனவற்றைக் காரணம் கொண்டு விளக்குக: (i) தருவ நட்சத்திரம் நிலத்ததனது; (ii) மீள்வழி ஆண்டுகள் அளவிற்றம், பருவ ஆண்டுகள் அளவிற்றம் 20 நிமிட வேறுபாடு இருக்கிறது.

3. ஒரு விண்மீளின் வல ஏற்றம் கீழ்ப்போது  $15^\circ$ ; எத்தனை ஆண்டு களுக்குப்பின் அதன் வல ஏற்றம் (i)  $90^\circ$  ஆகும்; (ii)  $0^\circ$  ஆகும்; (iii) மறபடியும்  $15^\circ$  ஆகும்?

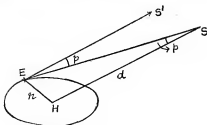
4. ஒரு விண்மீளின் நெட்டாக்கு கீழ்ப்போது  $90^\circ$ ; (i) 6500 ஆண்டு களுக்குப்பின்; (ii) 13,000 ஆண்டுகளுக்குப்பின் அதன் நெட்டாக்கு என்னவாகிடுக்கும்?

## 19. கதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை— ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை (Helio-centric parallax—Annual parallax)

19-0. விண்மீன்கள் வாயும் விண்வெளியும் நிலைத்த பொருள்கள். ஒரு காட்சியாளன் நிலைத்த ஓரிடத்திலிருந்து அம் விண்மீன்களின் ஆயத்தொலைவையோ மற்ற எந்த விளக்கவையோ பதிவு செய்தால் அவை நிலைத்த மாறிவிடவொக்கும். ஆனால், காட்சியாளன் இருக்குமிட மாசிப மன்னனுமகம் நிலைத்த விண்வெளியிலும் என்பது நாமறிந்த உண்மையாகும். மன்னனுமகம் கதிரவின் ஒரு குவிமையமாகக் கொண்டு ஒரு நீள்வட்டப் பாதையில் ஓரண்டுக் காலவட்டத்தில் சுற்றி வருகிறது. அந் நீள்வட்டப் பாதையின் குவிமையப் பிறழ்வு மிகச் சிறிய மதிப்பைப் பெற்றுள்ளதால் (2) மன்னனுமகம் கதிரவனைச் சுற்றிவரும் பாதையை ஒரு வட்டமென்றே சொல்வோம். அம் வட்டத்தின் அரைவட்டம் 147.50 மில்லியன் கிலோ மீட்டர்கள் (93 மில்லியன் கைமீகள்). எனவே, ஏறக்குறைய 6 மாத கிடைவெளியில் மன்னனுமகம்-கிரு நிலைகளுக்கு கிடைப்பட்ட தூரம் 295.0 மில்லியன் கிலோ மீட்டர்கள் (185 மில்லியன் கைமீகள்). இவ்விரு நிலைகளிலிருந்தும் ஒரு குறிப்பிட்ட விண்மீனை நோக்கும்போது அதன் திசை வேகங்கொண்டிருக்கும் என்பது தெளிவு.

19-1. எனவே, விண்வெளியில் மன்னனுமகின் பரிவேறு நிலைகளிலிருந்து ஒரு விண்மீனை நோக்கும்போது சில ஆயத்தொலைகள் வேக வேறு இருக்கலாம். மன்னனுமகப் பாதைக்குக் கதிரவன் மைய மாநிலி, கதிரவன் மையத்தை ஒரு நிலைத்த புள்ளியாகக் கொண்டு அங்கிருந்து நோக்கிலும் வளை ஆயத்தொலைகள் இருக்குமோ அம் வாயத் தொலைவைத் திட்டமான (standard) ஆயத்தொலைகள் என்று சொல்வது நரபு. மன்னனுமகிலிருந்து நாம் பதிவு செய்யும் ஆயத் தொலைவுக்கு உரிய பிழை திருத்தங்கள் செய்து கதிரவன் மையத்திலிருந்து பெறப்படும் திட்டமான ஆயத்தொலைவுக்கு மாற்றிக் கொள்ளலாம். இங்கு விண்மீன்கள், கதிரவனிடமிருந்தோ மன்னனுமகி

வெகுத்தோ பவகோடி கையகெழுக்கப்பார்க உகனதகம் சதிரவனும், மண் ணுறகும், விண்விக்ககரும் புக்கவிக்காவகவே ஏற்றுகி கொகனப்படு கின்றன.



மண்ணுறகப் பாகை

படம் 19-1-1

19-1-1.  $S$  ஒரு விண்மீன்;  $H$  சதிரவன்;  $E$  ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் தனது பாகையில் மண்ணுறகம் நிலை.  $ES$  என்பது விண் மீனின் மண்ணுறக கையத் தோற்றத் திசை (geocentric direction) என்றும்,  $HS$  சதிரவன் கையத் தோற்றத் திசை (heliocentric direction) என்றும் கூறப்படும். இவ் கூறப்பட்ட திசை திட்டமான திசை (standard direction) எனக் கொள்ளப்படுவது மரபு. இவ்விரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணமான  $ESH$  என்பது அக் விண் மீனின் சதிரவன் கையத் தோற்றப் பிழை (heliocentric or annual parallax) எனப்படும். அதாவது சதிரவன், மண்ணுறகம் நிரந்தரமாய் நிலைக்கும் தேசகோடு ஒரு விண்மீனில் தாக்கும் கோணம், அக் விண்மீனின் தோற்றப்பிழை எனப்படும். இப் பிழை  $p$  என்ற குறியீட்டால் வழக்கமாகக் குறிக்கப்படும். புவிக்கையத் தோற்றப்பிழை எனக் கிட்டது போலவே, சதிரவன் கையத் தோற்றப் பிழையையும் எனக் கிடலாம்.

படம் 19-1-1-க் குக்கோணம்  $HSE$ -க்,  $HS=d$ ;  $HE=r$  எனக் கொள்க. இங்கு  $r$ ,  $d$  நிரண்டும் மாறியின்க. [ $r=a(1\pm e)$ ] என்று கிரும்பினும் தாம் 19-1-க் கூறியபடி, மண்ணுறக நிலக்கப்பாகை ஒரு சரியான ஊட்டமெனக் கொண்டு  $r$ -யும் மாறியினாகக் கொள்ளலாம்.

எனவே,

$$\frac{SH}{\sin SEH} = \frac{EH}{\sin ESH}$$

அதாவது,

$$\begin{aligned} \frac{d}{\sin SEH} &= \frac{r}{\sin ESH} \\ &= \frac{r}{\sin p} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore \sin p &= \frac{r}{d} \cdot \sin SEH \\ &= \frac{r}{d} \cdot \sin E \end{aligned} \quad (1)$$

7-90 ஓர்பிறும்போது  $d$  மீட்டர் பெரிபதாவிக்குமானபடியாக,  $\frac{r}{d} \cdot \sin E$ -ன் மதிப்பு மீட்டர் சித்யதாவிக்குடும். அதாவது,  $\sin p$ -ன் மதிப்பு மீட்டர் சித்யதாவிக்குடும். எனவே,  $p$  ஆகையன் அளவிக் கொடுக்கப்படுக, தோராயமாக  $\sin p = p$  என தாம் அதிவாயம். எனவே, ஆகையன் அளவிக் தோராயமாகத் தோத்தரப் பிதழ  $p = \frac{r}{d} \sin E$  னாஓப் பெறப்படுகிறது. கிங்கு  $r$  ன்க்பத மன்னுலகப் பாகதலிக் அகாவிட்டம்;  $d$  கதிரவனுக்கும் விண்மீனுக்கும் கிதடப் பட்ட தூரம்;  $E$  விண்மீனுக் கதிரவனுக் மன்னுலகிக் தாங்கும் கண்ணம். மன்னுலகம் தன் பாகதலிக் செக்கும்போது ஒரானகிக்  $E$ -ன் மதிப்பு மாறிக் கொண்டும்,  $r$ ,  $d$ -ன் மதிப்புகள் மாறுமதும் கிடுக்கும். எனவே  $E$ -ன் மதிப்பு 90°-காவிடுக்கும்போது  $p$  தன் கீர்ப்பெரு மதிப்பைப் பெறுகிறது. கீர்ப்பெரு மதிப்பைப் அக்விண் மீளிக் கதிரவன் கமயத் தோத்தரப் பிதழ (Annual parallax or heliocentric parallax) ன்று சிறப்பாக எடுத்துக் கொகிடுதும். எனவே, மரபுப்படி கதிரவன் கமயத் தோத்தரப் பிதழலிக் மதிப்பு ஆகையன் அளவிக்  $\frac{r}{d}$ -ஆகும். கிது கழககமாக II ன்று குதிக்கிட்டாக் குதிக்கப்படுகிறது. ஆனாக், சரியான தோத்தரப் பிதழ,

$$\begin{aligned} p &= \frac{r}{d} \cdot \sin SEH \\ &= II \sin E \end{aligned} \quad (2)$$

விண்மீள்கள் கெருதூரத்திலுள்ளபடியாக அவத்தித்தரப் புவி கமயத் தோத்தரப் பிதழ் கணக்கிடுகெடுக்கப்படுகதிக்ஓபென தாம்



திரவன் கையத் தோற்றப் பிழை—ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை 153

முன்னரே விதித்திருக்கின்றோம் (பகுதி 7). ஆனால் விண்மீன்களுக்குத் திரவன் தோற்றப் பிழை உண்டு; பிழையளவு  $= \Pi \sin E$ .

விண்மீன்கள் திரவனிடமிருந்து பவனோடி கையங்களுக்குள்ளே விட்டிருக்கும் அப்பால் இருப்பதாக நாம் பெறும்  $\Pi$ -ன் மதிப்பு மிக மிகச் சிறியதாகவே இருக்கும். எடுத்துக்காட்டாக ஆக்பா சென்டாறா (α—centauri) என்ற மிக-அருகிலுள்ள விண்மீனின் திரவன் கையத் தோற்றப் பிழை 0.8" எனின் மற்ற விண்மீன்களுக்கு இருக்கும் திரவன் கையத் தோற்றப் பிழையை நீக்கலே ஊகித்துக் கொள்ளலாம்.

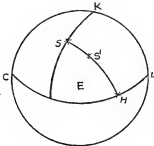
13-2. திரவன் கையத் தோற்றப் பிழையின் விளைவாக மண்ணுலகிலிருந்து விண்மீனைப் பார்க்கப்படும், திரவனிலிருந்து அதே விண்மீனைப் பார்க்கப்படும் உள்ள தோற்ற வேறுபாடுகள்

படம் 13-1-1-ல்  $E$  என்ற புள்ளியில்  $HS$ -க்கு கீழ்வாக  $ES'$  என்ற நேர்கோடு வரை.  $E$ -லிருந்து  $ES$  என்பது விண்மீன்  $S$ -ன் தோற்றத் திசை எனவும்,  $ES'$  என்பது விண்மீன்  $S$ -ன் திட்டமான திசை (Standard direction) எனவும் கூறப்படும். இவ்விரு திசைகளுக்கும் இடைப்பட்ட கோணம்  $\angle SES' = \angle SEH = p$ -ன் கோண மதிப்புத் திரவன் கையத் தோற்றப் பிழையாகும். எனவே, திரவன் கையத் தோற்றப் பிழை எவ்வளவாக விண்மீன்  $S$ -ன் தோற்றத் திசை திட்டமான திசையிலிருந்து திரவன் பக்கமாக  $p$  அளவுக்குச் சாய்ந்திருக்கிறது.

13-2-1. இதன் விளைவு, வானக் கோளத்தில் எப்படி மாற்றம் அடங்கிறதென்பது பார்க்கோம்.

வானக் கோளப்படம் 13-2-1-ல்,  $E$  என்பது மண்ணுலக கையம்;  $CE$  என்பது திரவன் பாதை;  $H$  என்பது திரவன் ஒரு குறிப்பிட்ட கையத்தில் தன் பாதையில் இருக்குமிடம்;  $S$  ஒரு விண்மீனின் திட்டமான இடம்.

$S$ -யும்,  $H$ -யும் ஒரு பெரு வட்ட மீய்க்கக் கீளைக்கவும், வரை வரைப்படி,  $S$  என்ற விண்மீனின் தோற்றத்திசை, திட்டமான திசையிலிருந்து திரவன் பக்கமாக  $\Pi \sin SEH$  [13-1-1 (2)] என்ற அளவில் சாய்ந்திருக்க வேண்டும். ஆனால், வானக் கோளத்தில்  $\angle SEH =$  விச்  $\angle SH$ . எனவே,  $S$  என்ற விண்மீனின் தோற்ற இடம்,  $SH$ -ன்மேல்  $H$  பக்கமாக  $\Pi \sin SH$  அளவு சாய்ந்திருக்க வேண்டும். ஆகவே,  $SH$ -ன்மேல்  $H$  பக்கமாக,  $SS' = \Pi \sin SH$  என்ற அளவுப்படி  $S'$  என்ற புள்ளியை கிடைக்குதிக. அப்போது  $S'$  என்பது, மண்ணுலகத்திலிருந்து வானக் கோளத்தின்மேல்  $S$  என்ற (திட்ட கிடத்திலுள்ள) விண்



படம் 19-21

மீனின் தோற்ற மீடயாகும் (Apparent position as seen from the earth). எனவே, ஒரு குறிப்பிட்ட மின்மீனின் தோற்ற மீடத்தை (மண்ணுலகிலுள்ள காட்சியானதுக்குத் தோன்றும் மீடத்தை) மீடக் குறிக்கப் பிசுவரும் முறை பொருத்தம். அந்தச் சமயத்தில் அதிரவன் நிலை என்று அதிரவனின் நிலை H-யும், மின்மீனின் திட்டமான நிலை S-யும் ஒரு பெருவட்டத்தாக மீணத்தது.  $SS' = R \sin SH$  என்ற அளவில்  $S'S$  மீடக்குறித்தாக, அம் மின்மீனின் தோற்ற மீடம்  $S'$  எனப் பெறப்படும்.

19-3. அதிரவன் கமயத்தோற்றப் கோழை காரணமாக மண்ணுலகி விருத்து ஒரு மின்மீனின் அகலங்கு நெட்டாக்கு பதிவு செய்யதில் ஏற்படும் மாறுபாடுகள் (பெறுகள்) காணல் :

காணல் தோற்றத்தில் அதிரவன் பாதை CL மீது H அதிரவன் நிலை கயக் குறிக்கும். K அதிரவன் பாதையின் ஒரு துருவம். S ஒரு மின்மீன். அதிரவன் கமயத் தோற்றப் கோழை காரணமாக மின்மீனின் ( $SS' = R \sin SH$  என்ற அளவுப்படி) SH-ன் மேல் H பக்கமாக  $S'$  என்ற புக்கிக்கு நிலை மாற்றமடைபுள். அதாவது  $SS' = R \sin SH$  குகும்.

K-மிருத்து S,  $S'$  வழியாக CL-க்கு முறையே KM,  $KM'$  என்ற குணக் குத்துவட்டங்கள் காணல்.  $\gamma$  என்பது அதிரவன் பாதையின்



$$\begin{aligned}
 \text{மேற்புற } MH &= rH - rM \\
 &= \odot - (rM' - MM') \\
 &= \odot - (\Delta - \Delta\lambda)
 \end{aligned}
 \quad (1)$$

$\amalg$  எக்பது விடச் சிறிய மதிப்புடையதாகலாம்,

$\amalg \sin \Delta\lambda$ ,  $\amalg \sin \Delta\beta$  எக்பவை இரண்டாம் படி (Second order) சிறிய மதிப்புடையவையாகியிருக்கும். எனவே, கணக்கெடுப்பதில் அவற்றின் விவரம் கிடையா. (A)

முக்கோணம்  $SS'L$  ஓர் ஒருதள முக்கோணமெனக் கொள்ளப் படுவதால்,  $\Delta SS'L$ -ல்,

$$\begin{aligned}
 L'S' &= SS' \sin S'SL \\
 SL &= SS' \cos S'SL \text{ எனத்}
 \end{aligned}$$

தேர்வாய்வாகக் கொள்ளலாம். (2)

$$\begin{aligned}
 \therefore MM' = \Delta\lambda &= L'S' \sec S'M' \\
 &= L'S' \sec \beta \\
 &= SS' \sin S'SL' \sec \beta \\
 &= \amalg \sin SH \sin HSM \sec \beta
 \end{aligned}
 \quad (3)$$

$L'S'$  மட்டும்  $\amalg \sin SH \sin HSM$ -க்குச் சமம் (3')

$$\begin{aligned}
 \text{மேற்புற } \Delta\beta &= L'S \\
 &= SS' \cos S'SL' \\
 &= \amalg \sin SH \cos HSM
 \end{aligned}
 \quad (4)$$

இப்போது (1), (4)-ல் மதிப்புவைக் காண்போம்.

$SMB$  நீட்சி,  $SN = 90^\circ$  என  $N$  எக்பது புக்கியை கிட்டக்குறித்து,  $H$ -யும்  $N$ -யும் ஒரு பெரு வட்டவிக் கொண்டு கீழ்க்காட்டியிருக்கிறது.

காரண முக்கோணம்  $SHN$ -ல்,

$$\begin{aligned}
 \cos NH &= \cos SN \cdot \cos SH + \sin SN \sin SH \cos H\hat{S}N \\
 &= \sin SH \cdot \cos H\hat{S}N \quad (\because SN = 90^\circ).
 \end{aligned}$$

எனவே (4)-ல் படி

$$\begin{aligned}
 \Delta\beta &= \amalg \sin SH \cos H\hat{S}M \\
 &= \amalg \cos NH.
 \end{aligned}$$

காரண முக்கோணம்  $MNH$ -ல்,  $H\hat{M}N = 90^\circ$

$\therefore$  நேர்முகத் திசுப்படி,

$$\cos NH = \cos MN \cos MH$$

$$\begin{aligned}
 \therefore \Delta\beta &= \prod \cos NH = \prod \cos MN \cdot \cos MH \\
 &= \prod \cos(90^\circ - SM) \cdot \cos(rH - rM) \\
 &= \prod \sin SM \cdot \cos(\odot - \lambda - \Delta\lambda) \\
 &= \prod \sin(\beta + \Delta\beta) \cos(\odot - \lambda - \Delta\lambda) \\
 &= \prod \sin \beta \cos(\odot - \lambda) \\
 &\quad (\text{தேர்வுரை}) (A)\text{-க் படி.}
 \end{aligned}$$

∴ அகரங்கித பிழையையு

$$\Delta\beta = \prod \sin \beta \cos(\odot - \lambda) \quad (5)$$

மேற்புத் தேர்தற் பிழையையுத் SMH-க்,

$$\frac{\sin MH}{\sin HSM} = \frac{\sin SH}{\sin 90^\circ}$$

$$\therefore \sin SH \sin HSM = \sin MH$$

∴ (5)-க் படித் தேர்வுரைக்கித் பிழையையு

$$\begin{aligned}
 \Delta\lambda &= \prod \sin SH \cdot \sin HSM \cdot \sec \beta \\
 &= \prod \sin MH \cdot \sec \beta \\
 &= \prod \sin(\odot - \lambda - \Delta\lambda) \cdot \sec \beta \\
 &= \prod \sin(\odot - \lambda) \cdot \sec \beta \\
 &\quad (\text{தேர்வுரை}) (A)\text{-க் படி.}
 \end{aligned}$$

$$= \prod \sin(\odot - \lambda) \cdot \sec \beta \quad (6)$$

$$\therefore \Delta\beta = \prod \sin \beta \cos(\odot - \lambda) \quad (5)$$

$$\Delta\lambda = \prod \sin(\odot - \lambda) \sec \beta \quad (6)$$

எனப் பெறப்படுக.

$$L'S' \text{ மட்டுப் } \prod \sin(\odot - \lambda)\text{-க்குச் சமம்.} \quad (7)$$

19-3-1. சதிரவக் தேர்தற்படுகை காரணமாக விவரிக் நிலைமிக் மாற்றம் ஏற்படுக. ஓரங்குக் அத்தேர்தற் நிலைமிக் கிபங்கு வழி உகர்மை நிலையக் கத்தி ஒரு திகவட்டமென நிறுவுதல்:

3 வழியாகச் சதிரவக் பாகைக்கு கிணையாக SI என்ற ஒரு சிறு தேர்தலேடு வகைய. 3 வழியாக உகர்மை கிடு செங்குத்துக் கோடுகக் SI, SL' முகையெ x, y அகவகைய எடுத்துக் கொக. அப்போது S'-க் ஆகத்தேர்தலெக (x, y) ஆகும்,

$$\text{ஒக் (7)-க் படி } L'S' = x = \prod \sin(\odot - \lambda) \quad (7)$$

$$\text{ஒக் (5)-க் படி } SL' = y = \prod \sin \beta \cdot \cos(\odot - \lambda) \quad (8)$$

x-க், y-க் சதிரவக் தெட்டாகவகை  $\odot$ -க் கர்ப்பகைய மதிப்புகையாகும். ஓரங்குக்  $\odot$ -க் மதிப்பு  $6^\circ$ -கிடுத்து  $360^\circ$  வகை மாறுகிறது. கிம்

மதிப்பு மாறாத  $S'$ -ன் நிலையும் மாறும்.  $S'$ -ன் கிடைக்குவழியைப் பெறச் செய்வோம்க (7), (8) காண்பதுமிருந்து  $\odot B$  நீக்கவேண்டும். அதனை நீக்கிப் பெறப்படும் சமன்பாடு,

$$\frac{x^2}{\Pi^2} + \frac{y^2}{\Pi^2 \sin^2 \beta} = 1 \quad (9)$$

இச் சமன்பாடு ஒரு நீக்கப்பட்டதின் சமன்பாடாகும். அந் நீக்கப்பட்டதின் பெரச்சின் தளம்  $2\Pi$ ; சிற்றச்சின் தளம்  $2\Pi \sin \beta$ . அந் நீக்கப்பட்டதின் குவியையைப் பிறழ்வு  $e$  எனக் கொண்டாக,

$$\begin{aligned} \Pi^2 \sin^2 \beta &= \Pi^2 (1 - e^2) \\ \therefore e^2 &= 1 - \sin^2 \beta \\ &= \cos^2 \beta \\ \therefore e &= \cos \beta \end{aligned} \quad (10)$$

#### 18-3-2. கி. தே. (1)

விண்மீன் அதிர்வன் பாதையின் ஒரு துருவத்திக்கு ( $n$ -க்) இருக்குமானால்  $\beta = 90^\circ$ . அப்போது நோற்ற விண்மீனின் கிடைக்குவழி,

$$\frac{x^2}{\Pi^2} + \frac{y^2}{\Pi^2} = 1$$

அதாவது  $x^2 + y^2 = \Pi^2$  (11)

அதாவது நோற்ற விண்மீனின் கிடைக்குவழியானது,  $S$  மையக் கொண்டு,  $\Pi$  ஆரக்கொண்ட ஒரு சிறு வட்டமாகிறது.

#### 18-3-3. கி. தே. (2)

விண்மீன் அதிர்வன் பாதையின் மேம்பேயே இருக்குமானால்  $\beta = 0^\circ$ ; அப்போது நோற்ற விண்மீனுடைய கிடைக்கு வழியின் சமன்பாடு,

$$\begin{aligned} x^2 \sin^2 \beta + y^2 &= \Pi^2 \sin^2 \beta \quad \text{எனவாகி,} \\ y^2 &= 0 \quad \text{என்ற அமையவேண்டும்} \quad (\because \beta = 0) \end{aligned}$$

அதாவது  $y = 0$ .

ஆனால்  $y = 0$  என்பது அதிர்வன் பாதையின்கீழ் விண்மீனை யொட்டி இருபக்கமும் உள்ள ஒரு சிறு நேர்போட்டின் சமன்பாடாகும். எனவே, அதிர்வன் பாதையிலுள்ள ஒரு விண்மீனின் நோற்ற மீடம், திட்டமான மீடக்  $S$ -மிருந்து, அதிர்வன் பாதையிலேயே இருபுறம்  $\Pi$  அளவு வரவரும் நோற்றமளவிக்கும்.

18-4-1. விண்வெளிகள் தூர அளவுகள் (Units of astronomical distances): வானியல் அளவு, ஒளியாண்டு, பார்செக் (The astronomical unit, the light year and the parsec).

சதிரவன் கமயத் தோற்றப் பிழை—ஆண்டுத் தோற்றப் பிழை 161

யின் பொருக்களின் தூரங்களை அளப்பதற்கு முதல் முறையாக நாம் கண்ட அளவு, மண்ணுலகத்திலிருந்து சதிரவனின் சராசரி தூரமான  $93 \times 10^6$  கைமீகளை அடங்கு  $149.5 \times 10^6$  கிமீகாமிட்டாகும். இந்த அளவுகளால் கொண்டு சதிரவன் குடும்பத்திலுள்ள கோள்களின் தூரங்கள் கொடுக்கப்படுகின்றன. ('சதிரவன் குடும்பம்' பகுதியில் காண்க.)

19-4-2. கிம்பளவுகளால் அல்லது அலகுக்கொண்டு, யின்யின் களின் தூரங்களை அளவிட முடியாது போகவே, கிதைவிடப் பெரிய தோர் அளவு 'ஒளியாண்டு' கற்பிக்கப்பட்டது.

ஒளியாண்டு: ஒளி, ஒரண்டுக் காலத்திற்கு பயணம் செட்பும் தூரம், ஓர் ஒளியாண்டு கல்பது காலபகை.

ஓர் ஒளியாண்டு =  $1,86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.25$  கைமீகல் அல்லது  $2,97,600 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.25$  கிமீகல் மீட்டர்கள்.

ஒரு யின்யினிலிருந்து புறப்படும் ஒளி தம் மண்ணுலகை கடைய ஁ ஆண்டுக்கள் ஆகுமாறும்க, அம்யின்யினின் தூரம் ஁ ஒளியாண்டுக்கள் எனப்படும். ஁ ஒளியாண்டுக்கள் = ஁  $\times 1,86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.25$  கைமீகளாகும். சதிரவன், இந்த அளவில்படி 8½ ஒளி நிமிடதூரத்திற்கு ஁கனது; அதாவது சதிரவனுளின் மண்ணுலகை அகடய 8½ நிமிடல் களாகின்றன எனபது கிதன் பொருக். ஆனால், யின்யின்கள், நெடியுக்கள் பல, கித்தூறு, ஆயிரம், பக்காயிரம் ஒளியாண்டுக்கள் தூரத்திலுள்ள எனக் கணக்கிடப்பட்டுள்ளன.

19-4-3. ஒளியாண்டு கல்ற அளகைவிட, ஒரு பெரிய அளவு, சதிரவன் கமயப் பிழையின் அடிப்படையில்க் காலபகைக்கப்பட்டு வழக்கிலுக்கனது. அது 'பார்செக்' (Parsec) எனப்படும்.

பார்செக் (காலபகை): ஒரு யின்யினின் சதிரவன் கமயத் தோற்றப்பிழை ஒரு விண்ணெனின், அம் யின்யின் ஁கன தூரம் ஒரு பார்செக் எனப்படும். அதாவது சதிரவனையும் மண்ணுலகையும் கிணைக்கும் கோடு, ஒரு யின்யின் குறிக்கும் புக்களியில்க் ஒரு விண்ணெனவுள்ள கோணத்தைத் தாங்குமாயின்க, அம் யின்யினின் தூரம் ஒரு பார்செக் எனப்படும்.

$$\begin{aligned} \text{சதிரவன் கமயத் தோற்றப்பிழை} &= \frac{r}{d} \text{ ஆகாலபகைகள்} \\ &= \frac{r}{d} \times \frac{180}{\pi} \times 60 \times 60 \text{ விண்ண்கள்} \\ &= \frac{r}{d} \times 2,06,265 \text{ விண்ண்கள்} \end{aligned}$$

ததிரவன் மையத் தோற்றப்பிழை ஒரு விண்ணொளி  
 $\Pi = \frac{r}{d}$  என்ற வாய்பாட்டில் உள்ள 'd' ஒரு பார்செக்கில்  
 விளக்கிவந்திருக்கிறது. எனவே,

$$1 = \frac{r}{d} \cdot 206265$$

$$\therefore d = 206265r.$$

$r = 93 \times 10^6$  மைல் அல்லது  $149.5 \times 10^6$  கி.மீ. என எடுத்துக் கொண்டால்,

$$\text{ஒரு பார்செக்} = 206265 \times 93 \times 10^6 \text{ மைல் அல்லது} \\ 206265 \times 149.5 \times 10^6 \text{ கி.மீ.}$$

ஒர் ஒளியாண்டு அதிப்பு  $19.4 \times 10^{12}$ -ல் கொடுக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே,

$$\text{ஒரு பார்செக்} = \frac{206265 \times 93 \times 10^6}{1.86,000 \times 60 \times 60 \times 24 \times 365.25} \text{ ஒளியாண்டுகள்.} \\ \approx 3.26 \text{ ஒளியாண்டுகள்.}$$

எனவே, ஒர் 'ஒளியாண்டு' அளவைவிட, ஒரு 'பார்செக்' பெரிய அளவைக் கொண்டிருக்கிறது. இப்போது 'பார்செக்' அளவின்படி, ததிரவன் மையப்பிழை  $6''-1, 0''-01, 0''-001, \dots$  பெற்ற விண்மீன்களின் தூரங்கள் முறையே 10, 100, 1000, ... பார்செக் என நாம் காண்கிறோம். பொதுவாக  $\frac{1''}{n}$  ததிரவன் மையப் பிழையுள்ள விண்மீனின் தூரம் n 'பார்செக்கு'களாகும்.

18-4-4. எ.கா. (1): ஒரு விண்மீனின் தூரம்  $767 \times 10^{12}$  மைல்கள். அதன் ததிரவன் மையப்பிழை காண்க.

$$\text{ஆதரவன்களில் ததிரவன் மையப் பிழை} = \frac{93 \times 10^6}{767 \times 10^{12}}$$

$$\text{விண்ணளவில் அப்பிழை} = 0''-02502.$$

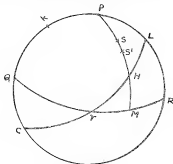
எ.கா. (2): ஒரு படம்பொண்டு, ஒரு சூழிப்பிட்ட நடுவரை விவக்க வட்டத்தின் மேலுள்ள விண்மீன்களுக்கு வல ஏற்றப்பிழை கிடைத்தல் திறவுக.

முறைப்படி வானக்கோளம் வரைவப்பட்டிருக்கிறது. ததிரவன் நிலை H. PH அப்போது ததிரவன் வழுவாக வரைவப்படும் நடுவரை விவக்க வட்டம். S என்பது அகவட்டத்தின் மேலே கிடங்குநிலையில் பட்ட விண்மீன் (திட்ட கிடம்).

ததிரவன் மையப் பிழை காரணமாக,  $SS' = \Pi$  அல்லது SM என்ற அளவில் S' என்பது அக் விண்மீனின் தோற்ற கிடம். அதனுடைய வல ஏற்றம் வானத்திருப்பதைப் படத்தில் காண்க.



எனவே, சதிரவன்வழி வரையப்படும் நடுவரை விரகக் வட்டத்தின் மேல் அப்போதுள்ள எம்மா விண்மீத்களுக்கும், சதிரவன் மையப் பிழை காரணமாக, வர ஏற்ற மாற்றம் ஏதும் கிடாது.



படம் 19-4-4

19-5-5. மூதம் முதலாக 1858 ஆம் ஆண்டுகள்தான் சதிரவன் மையத் தோற்றப் பிழை, கருவிகொண்டு அளக்கப்பட்டது. கிப்போது, விஞ்ஞான வார்த்தையில் காரணமாக, கிப் பிழையை விசுவரூப்பமாக அளக்கும் கருவிகளும் மூதம்களும் வளர்ந்தவிட்டன. பழைய மூதம்கை அளக்கப்பட்ட சில விண்மீத்களின் பிழைகளும், விசுவ விசுவரூப்பமாக அளக்கப்பட்ட அளவுகளும் காண்க.

	பிழை	வானியல் அளவியல் தூரங்கள்	சூர்ப்பமாக அளக்கப்பட்ட	
			பிழை	தூரம்
$\alpha$ Centauri (Henderson)	1"-0	2,00,000	0"-758	2,70,000
61 Cygni (Beasel)	0-314	6,40,000	0-300	6,80,000
$\alpha$ Lyra (Struve)	0-262	7,60,000	0-124	16,60,000

புதுமுகநகரைக் கைவாண்ட வானியல் அறிஞர்களின் பெயர்களை அடைப்புடனில் காண்க. மத்தியம் வரிவாண விவரங்களுக்கு ஜோனஸின் பொது வானியல் (Sir H. S. Jones, General Astronomy), பக்கம் 311-316-ல் காண்க.

### பயிற்சி 19

1. ஒரு விண்மீனின் சுதிரவன் அமையப் புகுந  $0''\cdot3$ . அதன் தூரத்தை (1) பார்செக், (2) அமர், (3) ஒளிவாண்டு என்ற அளவுகளில் காண்க.

2. உரோண்டாகர (1)-ன் சுதிரவன் அமையப்புகுந  $0''\cdot75$  ஆனால், அம் விண்மீனின் தூரத்தை முன்கணக்கில் கொடுக்கப்பட்ட அளவுகளில் காண்கிறது.

3. சுதிரவன் தூரம்  $93 \times 10^5$  அமர்க்கள் எனக்கொண்டு  $2''$  சுதிரவன் அமையப்புகுபுகின்றதொரு விண்மீனின் தொலைவினைக் காண்கிறது. அம்வழியாக (i)  $1''$  (ii)  $0''\cdot2$  அமையப் புகுநவாளுள்ள விண்மீன்களின் தொலைவினை அறிக.

4. சுதிரவன் புவிஅமையப் புகுந  $9''$ ; மண்ணுவகம் வீட்டம் 8000 அமர்;  $0''\cdot5$  சுதிரவன் அமையப் புகுநவாளுள்ள விண்மீனின் தொலைவினைக் காண்கிறது.

5. ஒரு விண்மீனின் சுதிரவன் அமையப் புகுந  $\Pi$ ; அதன் அகலாக்கு  $\beta$ . வானக் கோளத்திக்குமேல் அம் விண்மீனின் வீம்பெரு, வீச்சிது கீடப் பிறழ்ச்சி  $2\Pi$ ,  $2\Pi \sin \beta$  என நிறுவுக.

6. ஒரு விண்மீனிலிருந்து ஒளி வந்த சேர 100 ஆண்டுகளாகின்றன. அம் விண்மீனின் சுதிரவன் அமையப் புகுந என்ன?

7.  $0''\cdot75$  சுதிரவன் அமையப் புகுநவாளுள்ள ஒரு விண்மீனிலிருந்து ஓர் ஒளிக்கதிர் மண்ணுவகம் வந்து சேர எத்தனை ஆண்டுகளாகும்? (ஒளி வேகம் வினாடிக்கு 1,86,000 அமர்க்கள்.)

8. மூன்று விண்மீன்களில் சுதிரவன் அமையப் புகுநகம் முறையே  $0''\cdot4$ ,  $0''\cdot02$ ,  $0''\cdot005$ . அவற்றின் தூர வீதிதக் கொள்ளு !

20. ஒளிப் பிறழ்ச்சி  
(Aberration)

[illegible]

20-1. கிங்விதமான விளையின் ஒளிப் பிழச்சி ஒர்படுவதற்குக் காரணம் பிரிவு வட்டமும் எரித்தகத்தாட்டாதி விளையும்.

சாற்றடிக்காமல் மனது தளரவிடே செக்குத்தாள் பெய்துகொண்டிருக்கும் சமயம், ஒருவர் ஓர் மீடத்தில் திசைத் தீவறவென்று, தான் தனியாமலிருக்க வேண்டுமாயின், குடைமயச் செக்குத்தாள் பிடிக்கவேண்டும். ஆனால், அவள் அப்போது ஏதேனும் ஒரு திசை நோக்கி நடக்க முற்பட்டால், தான் தனியாதிருக்க, அவள் அக் குடைமய, தான் செக்கும் பக்கம் சார்ந்ததுப் பிடிக்கவேண்டும் என்ற பதற தாம் தடைமுறையில் காண்கிறோம். அவள் செக்கும் வேகம் அதிகரித்தாலும் சரி, சாற்றடித்து மனது சார்வாக விழுந்தாலும் சரி, அவள் குடைமய மேலும் சார்ந்ததுப் பிடித்தாள்தான், தனியாமலிருக்க முடியும். இப்போது இப்போது, உதாரணமாகத் தத்துவத்தின் சர்வவேகம் (Relative Velocity) என்ற பகுதியில் காணலாம்.

கெட்டிச் சூதாடப்பட்ட சூதாட்டிய விளைவுகளைப் பார்ப்போம்.

$\overline{DC}$  = distance from DC to end of cable.

பேரூ-தடம்பலவர் கோவில் என்னவும் காணாத.

$\vec{OD} = -\vec{OA}$  எனக் கொள்ளவும். (20-1)

மனது வேதத்திற்கும் நடப்பவன் வேதத்திற்கும் ஐர கூட்டுவதாக,  
நடப்பவனைப்போல மனமுனை சர்வேசம் மானது, ஒன்றும்,

$\overline{OC} + \overline{CA} = 0$ ; அதாவது நடப்பவனை நினைத்த செய்துகிட்டோம்.  
நிலைத்த மனிதனுக்கு கிப்போது மனுதவின் வேகம்

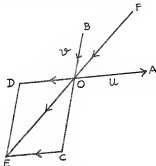
$$= \overline{OC} + \overline{CA}$$

$$= \overline{OC} + \overline{CE} = \overline{OE}$$

∴ நடப்பவனையொட்டி மனுதவின் சர்தவேகம்  $= \overline{OE}$ . எனவே,  
நடப்பவன்  $OF$  என்ற திசையில் குடைபைப் பிடிக்கவேண்டும்.

$$\overline{OE} = \overline{OC} + (-\overline{CA}) \text{ எனவும் எழுதலாம்,}$$

$$\therefore \text{சர்தவேகம்} = \text{மனுத வேகம் } (\overline{OC}) +$$



படம் 20-1

நடப்பவனின் மனுத வேகம்  $(-\overline{CA})$  என்ற தேற்றம்  
பெறப்படுகிறது. பொதுவாக  $A, B$  என இரு கிப்பங்கு பொருள்களின்  
 $A$ -ன் வேகம்  $\overline{CA}$ ;  $B$ -ன் வேகம்  $\overline{CB}$  எனக் கொண்டால்,

$$AB \text{ ஒட்டி } B\text{-ன் சர்தவேகம்} = \overline{CB} + (-\overline{CA})$$

$$\text{அல்லாதே } BA \text{ ஒட்டி } A\text{-ன் சர்தவேகம்} = \overline{CA} + (-\overline{CB})$$

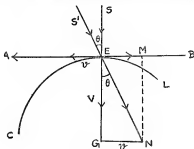
குறிப்பு:  $\overline{CB} + (-\overline{CA}) = -(\overline{CA} + (-\overline{CB}))$  எனக் காண்க.  
இந்த அடிப்படையில் ஒளிப் பிதழ்ச்சியை மினக்கலாம்.

20-2. மனாதுறையில் உள்ள ஒரு கார்ட்டியானை மினாமினி  
விருத்து ஒரு தேர்கோட்டுத் திசையில் ஒளிக்கதிர் வருவதைப் பர்த்  
கிறது. அவன் கிக்குமிடம் நிலைத்ததாயின், அதுவே அக்மொனி

எனக்கு தெரியும்

வரும் சரிசான திருப்பாடும். அதுவே அம்மீனம்மீனிக் சரிபாச திருப்பாடும். ஆணும், மண்ணும்கூட சரிபாசம்கூட சுற்றி இயங்குவதாக, அவை இருக்குமிடம் நினைப்பானதன்று. எனவே, அவை ஒளிக் கதிரைக் காணும் திருவாழ்வாரும், மண்ணும்கூட வேர்த்துப் பெய்து, ஒளிக் கதிர்க் காண்போர் சரிபாசத் திருப்பாடும். அச் சரிபாசத் திருப்பாட்தான் அவை அம்மீனம்மீனிக் திருப்பாடாகியிருக்கும். ஒளிக் கதிர்க் சரிபாச திருப்பாடும், அவை அம்மீனம்மீனிக் கதிரைக் காணும் திருப்பாடும் உருவ வேறுபாடு ஒளிப்பெருநீர்ச் (அனறு) எனப்படும்.

20-2 1. ஒளிப்பெருக்கி கிடை வாய்பாடு காணல் : ஒரு ஒளிப்பெட்டி சமவெட்டிக்  $E$  வண்ணவெண் திசையிலும்,  $S$  ஒள்தூண் ஒரு



11/20/2011

யினங்கிலையும் குறிக்கும். SE யினங்களின் ஒலிக்கதிர் மண்டலம் கீழ்க் கூறும் சிபாசை நிகரவைக் குறிக்கும். அப்பொலியின் வேகம்  $V$  எனக் கொள்வோம்.

CL மன்றம்: மீள்துபாசையாகும், அச்சமயத்தில் E-ல் வேகம், CL-க்கு E-ல் வளையப்படுகிற நேடுவளையான EA எந்த திசையில் இருக்கும். E-ல் வேகம்  $v$  எனத் கொள்வோம்.

கீழ்க்கண்ட  $E$ -ன் வேகத்தைவெளியே, ஒளிக்கதிர் சரத் தோடும், மூன் குறிப்பிட்டபடி, ஒளிக்கதிர் வேகத்தோடு, மண்ணுமளவிக் தேர் சரத் வேகத்தை வெளியே விதிப்படி கூட்டிப் பெறப்படும்,  $S'EN$  என்ற கிணைக் கோட்டிலுமாயும். (கீழ்க்கண்ட விதிப்படி சற்று கூற்றும்

கிரகமும் ஒத்தேறாது.  $EM = v$ ;  $EG = V$ ;  $EMNG$  கிளைவரம்.] எனவே,  $E$ -யிலுள்ள ஸ்டீரியான்களுக்கு அம் விக்கிப்பெனாவி வரும் திசை  $S'EN$ ; அகம்பொலியாகும் சர்ப்பைகம்  $EN$  எந்த அளவாக இருக்கப் படும்.

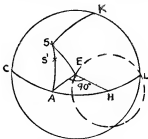
ஆகவே,  $E$ -ன் நிலக்கத்தாக எத்படும் ஒளிப்பெறத்தகை  $\angle S'ES$ . இதன் அளவை மதிப்பிடுவேம். அதற்கு முன்பாக வேறு சில வரை யதகளும் விவரிக்கவரும் பாற்ப்போம்.

$EA$ -ன் திட்டக் வானக் கோளத்தகைத் தோடும் கிடம்  $A$  எனக் கொள்வோம். கிட்டிலுள்ள  $A$  என்பது மண்ணுலக வழிமுனை (Apex of the Earth's way) எனப்படும். மண்ணுலகம் எதிரவின் சுற்றி ஓடு சரியான ஸ்டீடத்தில் கிடங்குகிதது எனக் கொண்டு,  $H$ , அகம்பட்ட மையமான எதிரவின் கிடங்குநிக்குமாயிக்,

(1) மண்ணுலகம் அதற்குணத்திற் கிடங்கும் திசை  $EA$  எந்த தோடுவரைவாகவும்,

(2)  $EH$  ஸ்டீட ஆரவாகி  $EA$ -க்குச் செங்குத்தாகவும் இருக்கும்.

கிட்டியக்கத்தை வானக் கோளத்தின்பேரில் பொருத்திப் பாற்ப்போம்.



படம் 20-2-1

படம் 20-2-1-ல்  $E$  என்பது (மண்ணுலகம்) வானக் கோள மையம்;

$CL$  எதிரவின் பாதை;

$CL$ -ன் மேல் எதிரவின்  $H$  அச்சமயத் தோற்றம்.

ஒளிப் பிதழ்ச்சி

$H$  கம்பக்வெண்டு,  $HE$  ஆரமுள்ள வட்ட வரையின்மேல்  $E$  நிலங்குகிறது (உடைந்த வட்ட வரையோடுகை).

$EA$  என்பது  $E$ -ல் மண்ணுலகப் பாதைக்குத் தொடுவரை;

எனவே  $AE \perp$  ஆக  $EH$ ; எனவே, சூதல் பொருள்  $\angle AEH = 90^\circ$  என்பதாகும். கிடைமேட்டி யில்  $AH = 90^\circ$  எனப் பெறப்படுகிறது.

ஆகவே,  $A$  எனக் குறிப்பிட்ட மண்ணுலக வழிமுனை, சதிரவன் பாதையில், சதிரவனுக்கும் பின்னகணி,  $90^\circ$  தூரத்திற்குக்குமேனப் புறப்படுகிறது.

தீதக,

வட்டம்  $20-2.1$ -ல் யில் வருவனவற்றைக் கவனிக்கவும்.

முகவோணம்  $EGN$ -ல்

$$\frac{v}{\sin GEN} = \frac{V}{\sin GNE}$$

$$\therefore \frac{\sin GEN}{\sin GNE} = \frac{v}{V}$$

$$\therefore \sin GEN = \frac{v}{V} \sin GNE$$

$v$ -ன் மதிப்பு வினாடிக்கு ஏறக்குறைய  $18.5$  கமர்க்கர்.

$V$ -ன் மதிப்பு வினாடிக்கு  $1,86,000$  கமர்க்கர். எனவே, கோணம்  $GEN$  யிசக் சிதியதாகும். அக் கோணத்தை  $\theta$  எனக் குறிப்பிட,

$$\sin \theta = \frac{v}{V} \sin AES' \quad (\because \angle GNE = \angle AES')$$

$$= \frac{v}{V} \sin (AES - \theta)$$

$\therefore$  தோராயமாக ஆரையணையில்,

$$\theta = \frac{v}{V} \sin AES \quad (1)$$

(ஏனெனில்  $\frac{v}{V}$ -ம் சிதிகு.  $\theta$ -ம் சிதிகு)

இக்கு  $\frac{v}{V}$  ஒரு மாறிலி

$$x = \frac{18.5}{1,86,000} = \frac{1}{10,300}$$

$$\therefore \theta = x \sin E$$

(2)

எனப் பெறப்படுகிறது.

$LAES = LE$  எனக் குறிப்பிடுவோம்.  $LE$  என்பது  $A$  இல்  $E$  இன் மீனின் மண்ணுயை வழி எனப்படும்.

∴ ஒளிப் பிறழ்ச்சி  $\theta = E \sin$  (விண்மீனின் மண்ணுயை வழி) என்ற வாய்பாடு ஒளியின் அகலம் கிடைக்கிறது.

$E$  என்பது ஒளிப் பிறழ்வு மாதிரி எனப்படும். அதன் மதிப்பு ஏதேனும்  $E \sin \theta$  ஒளியின்  $= 20^\circ 47'$ .

20-2-2. ஒளிப் பிறழ்ச்சியின் விண்மீனாக,  $S$  என்ற விண்மீனின் நிலை என்பது மாதிரித் தோற்றமளிக்கிறதெனில், விண்மீனிலிருந்து வரும் ஒளிக்கதிர் திசை, தன் மீயல்பான திசையிலிருந்து மண்ணுயை வழியினால் பகையாக  $\theta (= E \sin E)$  அளவு சாய்கிறது.

வானக் கோளத்திற்குமேல், கிடைப்புப் பொருத்தப் பரப்பினால்.

படம் 20-2-1-ல்  $S$  என்பது  $A$  பகையாக  $E \sin SEA$  அளவு சாய்கிறது.

$$LSEA = \text{விண் } SA.$$

எனவே,  $SAE$  ஒரு பெரு வட்டத்தாகக் கிணைத்து,  $SA$ -க்குமேல்  $SS' = E \sin SA$  என்ற சமன்பாட்டுக்குப் பொருத்தமான  $S'$  என்ற புள்ளியை கிடைக்குகிறதால்,  $S'$  என்பது ஒளிப் பிறழ்வின் காரணமாக  $S$  என்ற விண்மீனின் தோற்றநிலை.

எனவே,  $S$  என்ற ஒரு விண்மீனின் தோற்றநிலை என்ன,

- (1) கதிர்வன் பாதையில்  $H$  எனக் கதிர்வனின் கிடைக்குகிறது,
- (2)  $H$ -க்குப் பின்னால் கதிர்வன் பாதை  $CL$ -ல்  $HA = 90^\circ$  என்ற அளவில் கிடைக்குகிறது,
- (3)  $S$ -யும்  $A$ -யும் ஒரு பெரு வட்ட விகிதமாகக் கிணைத்து,
- (4)  $SA$ -இல் மேல்  $SS' = E \sin SA$  என்றும் சமன்பாட்டின்படி,  $S'$  என்ற தோற்ற நிலைகைய வானக் கோளத்திற்குமேல் குறிக்கலாம்.

20-3. ஒளிப் பிறழ்ச்சி காரணமாக ஒரு விண்மீனின் அக வாக்ரு, நெட்டாங்குமில் ஏதேனும் மாறுபாடுகள் காண்க

படம் 20-3-ல், குறைபாடு கதிர்வன் பாதை  $CL$ ;  $K$  அதன் தருவம். கதிர்வன் பாதையின்மேல்  $H$  கதிர்வனிடம்.  $H$ -க்குப் பின்னால்  $90^\circ$  தள்ளி  $A$  என்ற மண்ணுயை வழியினால்.  $S$  என்பது ஒரு விண்மீன்.  $SA$  என்பது ஒரு பெரு வட்டவிகிதமாகக் கிணைக்கப்பட்டு





இப்போது  $\Delta 1$ ,  $\Delta 2$  எக்பகவ ஒளிப் பிறத்தி காரணமாக வள நெட்டாகத்தும், அகலாகத்தும் ஏற்படும் பிழைகளாகும்.

$SN=90^\circ$  இருக்குமாறு  $SMN$   $N$ -க்கு நீட்டவும்.  $NAB$  ஒரு பெரு வட்டவிக்னாக உணரக்கூடும். கேள் முக்கோணம்  $SL'S'$ -ன் பக்கங்கள் யிஷ சிதம்பரத்தில் அம் முக்கோணத்தை ஒர் ஒருதன் முக்கோணமாக எடுத்துக்கொள்ளலாம். மேலும்  $LS'SL' = \gamma$  எனக் கொள்வ.

படம் 20-3-ல்  $M'M = \Delta 1$ ;  $SL' = \Delta 2$  எக்பகவ ஒருதயே விண்மீனிக் நெட்டாகத் அகலாகத்தும் ஒளிப்பிறத்தி காரணமாக ஏற்படும் பிழைகளாகும் (பிழைகளாகும்).

முக்கோணம்  $S'L'S$ -ல்,

$$\begin{aligned}\Delta \beta &= SL' = SS' \cos \gamma \\ &= K \sin SA \cos \gamma\end{aligned}\quad (1)$$

$$\begin{aligned}L'S' &= SS' \sin \gamma \\ &= K \sin SA \cdot \sin \gamma\end{aligned}$$

$$\therefore \Delta 1 = M'M = K \sin SA \sin \gamma \sec \beta \quad (2)$$

கேள் முக்கோணம்  $SNA$ -ல்,

$$\begin{aligned}\cos AN &= \cos SN \cdot \cos SA + \sin SN \sin SA \cos \gamma \\ &= \sin SA \cdot \cos \gamma \quad [\because SN=90^\circ]\end{aligned}\quad (3)$$

கேள் முக்கோணம்  $MAN$ -ல்,  $\angle AMN = 90^\circ$ .

$$\begin{aligned}\therefore \cos AN &= \cos NM \cos AM \\ &= \cos (90 - MS) \cos AM \\ &= \sin MS \cos AM \\ &= \sin MS \cos (AM' + M'M) \\ &= \sin (\beta + \Delta \beta) \cos (90 + \lambda - \odot + \Delta 1)\end{aligned}$$

$\therefore$  (1)-ன் ஸூ,

$$\begin{aligned}\Delta \beta &= K \sin SA \cos \gamma \\ &= K \cos AN \quad [(3)-ன் ஸூ] \\ &= K \sin (\beta + \Delta \beta) \cos (90 - \odot - \lambda - \Delta 1) \\ &= K \sin (\beta + \Delta \beta) \sin (\odot - \lambda + \Delta 1) \\ &= K \sin \beta \cdot \sin (\odot - \lambda) \quad \text{தெரெவாறு} \quad (4)\end{aligned}$$

(ஏனெனிக்  $K$ ,  $\Delta \beta$ ,  $\Delta 1$  ஒன்றும் யிஷ சிதம்பரம்)

கேள் முக்கோணம்  $ASM$ -ல்

$$\frac{\sin SA}{\sin 90} = \frac{\sin AM}{\sin \gamma}$$

ஒளிப் பிறழ்ச்சி

$$\begin{aligned}
 \therefore \sin SA \sin Y &= \sin AM \\
 &= \sin (AM' + M'M) \\
 &= \sin (90 - \odot - \lambda - \Delta\lambda) \\
 &= \cos (\odot - \lambda + \Delta\lambda)
 \end{aligned} \quad (5)$$

எனவே (2), (5)-விருத்து,

$$\begin{aligned}
 \Delta\lambda &= K \sin SA \sin Y \sec \beta \\
 &= K \cos (\odot - \lambda) \sec \beta \text{ (தொடர்புமாசு)}
 \end{aligned} \quad (6)$$

எனவே  $\Delta\beta = K \sin \beta \sin (\odot - \lambda)$

$$\Delta\lambda = K \cos (\odot - \lambda) \sec \beta$$

என்ற விழுதிருத்தங்களை பெறப்படுகின்றன.

**20-3-1.** ஒளிப்பிறழ்ச்சி காரணமாக விண்ணின் நிலையில் மாற்றம் ஏற்படும்: ஓரண்டாக அதேதோற்ற நிலையின் கிடைவழி உண்மை நிலையாக அந்நி ஒரு தீர்வட்டமொன்று திறவுதல்:

சி வழியாகக் கதிரவன் பாதைக்கு கிணையாக  $SX$  என்ற கோடு வரைக. சி வழியாக உகின்ற கிடு செக்குத்தூக் கோடுகள்  $SX$ ,  $SM$ ஐ ஒன்றையே,  $X$ ,  $Y$  அக்கவணக எடுத்துக் கொள்க. அப்போது சி-ன் சூப்பத் தொலைகள் ( $x$ ,  $y$ ) எனக் கொண்டால்,

$$x = L'S' = K \cos (\odot - \lambda) \quad (7)$$

$$y = SL' = K \sin \beta \sin (\odot - \lambda) \quad (8)$$

$x$ -ம்  $y$ -க் கதிரவன் தொட்டசக்கு  $\odot$ -ன் சரீபாகப் பெறப்படும் சமன் பாடுகளாகும். ஓரண்டாக  $\odot$ -ன் மதிப்பு  $0^\circ$ -விருத்து  $360^\circ$  வரை மாறக்கூடும். இம் மதிப்பு மாறமாற சி-ன் நிலையும் பெயர்வேறுகிறது. எனவே,  $S'$ -ன் கிடைவழியைப் பெறச் சமன்பாடுகள் (7), (8)-விருத்து  $\odot$ ஐ தீர்க்கப் பெறப்படும் சமன்பாடு,

$$\frac{x^2}{K^2} + \frac{y^2}{K^2 \sin^2 \beta} = 1$$

இச் சமன்பாடு ஒரு தீர்வட்டத்தின் சமன்பாடாகும். அந் தீர்வட்டத்தின் பேரரசின் தீளம்  $2K$ . சிற்றரசின் தீளம்  $2K \sin \beta$ . அந் தீர்வட்டத்தின் குவியமையிற் பிறழ்வு  $e$  எனக் கொண்டால்

$$K^2 \sin^2 \beta = K^2(1 - e^2)$$

$$\therefore e^2 = 1 - \sin^2 \beta$$

$$= \cos^2 \beta$$

$$\therefore e = \cos \beta$$

விண்ணின் கதிரவன் பாதையின் ஒரு துருவத்திற் கிடுக்குமாசானது  $p = 90^\circ$ . அப்போது தோற்ற விண்ணின் கிடைவழி

$$\frac{x^2}{K^2} + \frac{y^2}{K^2} = 1$$

$$\text{அதாவது } x^2 + y^2 = K^2$$

கிபக்குவழி துருவத்தைச் சுற்றி  $K$  ஆரம்வெண்ட ஒரு வட்டமாகிறது. விண்மீன் சுதிரவன் பாதையின்மேல் இருக்குமானாலும்  $\beta = 0^\circ$ . அப்போது தோற்ற விண்மீனில் கிபக்குவழி,

$$x^2 \sin^2 \beta + y^2 = K^2 \sin^2 \beta. \quad (\beta = 0)$$

$$\text{அதாவது } y^2 = 0 \text{ அதாவது } y = 0$$

அதாவது கிபக்குவழி சுதிரவன் பாதையினேவே ஒரு சிறு கோடாகும்; சுதிரவன் பாதையில்  $S$ -க்கு இரு பக்கமும்  $K$  அளவிற்குள் வரலாம்.

குறிப்பு: சுதிரவன் சுமையற்ற எந்த நிலையில் 19-3-ல் பெற்ற முடிவுகளில் (i) -க்குப் பதிலாக (ii) -90) ஈடு செய்வதால், ஒளிப் பிறழ்ச்சிக் குறியை பெட்டார்க்கு, அளவாக்கில் திருத்தங்கள் பெறலாம். கிதைப் பயிற்சிபாக்கி கொடுக்க.

20-4. சுதிரவன் சுமையத் தோற்றப் பிணை விளைவுகள்—ஒளிப் பிறழ்ச்சி விளைவுகள்—ஒப்பீடு:

சுதிரவன் சுமையத் தோற்றப் பிணை விளைவுகள்	ஒளிப்பிறழ்ச்சி விளைவுகள்
(1) மண்ணுவரு—சுதிரவன் நிலைவரலுக்குள்ள கிடைவெளியாக ஏற்படுகிறது. மண்ணுவக கிபக் கமே கிதாக்கு அடிப்படையுடைய.	மண்ணுவக கிபக்கத்தால் ஏற்படுகிறது.
(2) விண்மீன் சுதிரவன் தோக்கி $\frac{1}{2} \sin E$ கிடம் பெயர்கிறது.	விண்மீன் மண்ணுவக வழிமுனை தோக்கி $K \sin \alpha$ (மண்ணுவக வழி) கிடம் பெயர்கிறது.
(3) நிலைவரத்தால் ஏற்படும் தோற்றநிலையின் கிபக்குவழி உடன்கும நிலைவரத் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமாகிறது.	நிலைவரத்தால் ஏற்படும் தோற்றநிலையின் கிபக்குவழி உடன்கும நிலைவரத் சுற்றி ஒரு நீள்வட்டமாகிறது.
(4) கிடம் பெயர்ச்சியின் கால வட்டம் ஓரான்கு.	கிடம்பெயர்ச்சியின் காலவட்டம் ஓரான்கு.
(5) கிடம் மதிப்பு மண்ணுவரு—சுதிரவன் நிலைவரலுக்குள்ள கிடைவெளியைப் பொறுத்தது.	$K = \frac{v}{V}$ எனவே ஒரு மாறிலி.

## ஒளிப் பிறழ்ச்சி

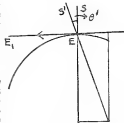
20-5. தினசரி ஒளிப்பிறழ்ச்சி (Diurnal Aberration):  
கிழுவகை நாம் பார்க்கிறது, மண்ணுலகம் கதிரவனைக் கந்திரவருவதன்  
விளைவாக ஏற்படும் ஒளிப் பிறழ்ச்சி. இப் பிறழ்ச்சியை ஆண்டொளிப்  
பிறழ்ச்சி (annual aberration) எனவும் நாம் கூறுவதுண்டு.

ஆனால், மண்ணுலகிற்கு மற்றோர் மிகக்கம் உண்டு. நாகதோறும்  
அது நம் தூரவ அக்க அமைப்புகளைக் கண்ணத்தானே கந்தி  
வருகிறது. இதன் விளைவாகவும், காட்சியளவை மிகுக்குமிடம் தலை  
மாறவதால், ஒளிப்பிறழ்ச்சி வேற்பட ஏதுவுண்டு. அம்விதமாக  
மண்ணுலகத் தினசரி கழுந்தியாக ஏற்படும் ஒளிப் பிறழ்ச்சிக்குத்  
'தினசரி ஒளிப் பிறழ்ச்சி' எனப்பெயர்.

மண்ணுலகத் தினசரி கழுந்தியின் விளைவாக, மண்ணுலக நடு  
வகை ( $\phi = 0$ ) மேலுள்ள ஓர் மிடத்திலிருக்கும் காட்சியளவை, மேற்கி  
லிருந்து கீழ்க்குத் தினசரியின் வினாடிக்கு  $\frac{2 \times 3960 \times 3 \cdot 14}{24 \times 60 \times 60} = 0.3$  அமைல்  
(அல்லது ஏழக்குறைய வினாடிக்கு 430 மீட்டர்) வேகத்தில் செல்கிறது.  
அவன்  $\phi$  என்ற அகலாக்குள்ள மிடத்திலிருப்பின் அவனுடைய வேகம்  
வினாடிக்கு  $0.3 \cos \phi$  அமைல் என்ற அளவிற்குக் குறைந்ததும்கூடும். இங்  
வேகம் கிழக்குப் புறமிப் பக்கமாக இருக்கிறது என நாம்றிவோம்.

எனவே, தினசரி மிகக்கத்  
கைப் பொறுத்தவகை மண்ணுலக  
வழியின்  $E_1$  என்ற கிழக்குப்  
புறமினாகும். ழுள் நாம் கண்ட  
விதமாகவே,  $S$  என்ற ஒரு விண்  
மீனின் ஒளிப்பிறழ்ச்சி ( $\theta' =$

$0.3$   
 $\frac{1}{1,36,000} \sin SEE_1$  ஆகையன்  
அளவாகும். கிது விண்மீன் சிறி  
தெனத் தென்கிது (படம் 20-5  
காண்க). கிதன் விண்வகை, விண்  
மீனின் தோற்றம் சற்றுக் கிழக்குப்  
பக்கம் வினாகும். விண்மீன் உச்சி  
உட்கும் கணம் சற்றுத் தாமத  
மாகும். ஆனால், உச்சித் தூரம்  
மாறுது.  $\phi$  என்ற அகலாக்கிலுள்ள மிடக்களின் இப் பிறழ்ச்சியின்  
மதிப்பு



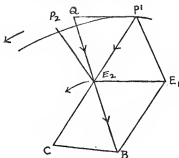
படம் 20-5

$$= \frac{0.3}{1,36,000} \cos \phi \sin SEE_1 \text{ ஆகும்.}$$

$$\begin{aligned}\text{ஒளிப் பிழற்வு மாதிரி } k' &= \frac{0.3}{1,86,000} \\ &= 16 \times 10^{-7} \text{ அகலவு } -0.000016.\end{aligned}$$

20-6. கோள் ஒளிப்பிழற்ச்சி (Planetary Aberration): எல்லாக் கோள்களும் அதிரவணை சுற்றி வெகுவேறு வேகங்களில் (வட்டப் பாதையில்) சுழற்றுவதிலிருந்து. உட்கோள்கள் வேகம் மண்ணுலக வேகத்தைவிட மிகுதபொழுதும், புறக்கோள்கள் வேகம் மண்ணுலக வேகத்தைவிட குறைவானதும் தாம் 15-3-ம் பரத்தோம்.

கீழ்ப்போது ஒரு கோளும், மண்ணுலகமும் அதிரவணை சுற்றி இயங்கி வரும்போது, ஒரு கோளினின்றும் வரும் ஒளிக்கதிர் பிழற்ச்சி வகையும். அப் பிழற்ச்சியின் தன்மையைப் பார்ப்போம்.



படம் 20-6

படம் 20-6-ல், ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில்  $E_2$  என்பது மண்ணுலகமிருக்குமிடம் ;  $P_1$  என்பது அதே சமயத்தில் ஒரு கோளிருக்கும் இடம்.  $P_1$ -மிருந்து புறப்படும் ஒளிக்கதிர் மண்ணுலகம் வந்து கோள் வினாடிக்கள் குகிறது எனக் கொள்வோம். அதன் வினாடிக்களில்  $E_2$  என்பது  $E_1$ -க்கும்  $P_1$  என்பது  $P_2$ -க்கும் நகர்ந்துவிட்டிருக்கும். எனவே,  $E_2$  என்ற இடத்தில் உள்ள வானியானலுக்கு, வினாடிக்களுக்கு முன்னும்  $P_1$ -மிருந்து புறப்பட்ட ஒளிக்கதிர் தெரியும். அதாவது,  $E_2$  க் அப்பரத்திலும் ஒளிக்கதிர் அப்போது உள்ள கோள்திசையான  $P_2$ -மிருந்து

ஒளிப் பிறழ்ச்சி

புறப்பட்டதற்கு;  $P_1$ -லிருந்து புறப்பட்ட கதிர் தான் நெழியம்.  $P_1$ -லிருந்து  $t$  வினாடிக்குள்ளே புறப்பட்ட சதி  $E_2$ -ல் நெழியம்போது,  $E_2$  எகிபது  $v$  என்ற வேகத்தில் போய்க்கொண்டிருக்கும். எனவே, அப்போளில் கதிரின் ஈரீவேகம்  $E_2C$  (ஒளிகதிரீவேகம்) + மண் ணுக்கில் நேரெதிரீ வேகமான  $E_2E_1 = E_2v$  என்ற திசையிலிருந்து வருவதுபோல் தோற்றமளிக்கும். ஆனால், அப்போது கோல் கீருக்கு மிடம்  $P_2$

$\therefore$  ஒளிப் பிறழ்ச்சி =  $\angle Q E_2 P_2$  (இங்கு  $B E_2$ -ன் தீட்டல்  $E_2Q$  எனக் கொள்க). இதுவே அக்கோளின் ஒளிப் பிறழ்ச்சி பெண்ப்படும்.

மேத்தில் ஈரீத்தாக, கோளிலிருந்து ஒளியானது மண்ணுக்கில் வர  $t$  வினாடிக்குள்ளாகும். ஒரு குறிப்பிட்ட நடுவரைத்தில் அக்கோளின் தோற்றத் திசை,  $t$  வினாடிக்குக்குள்ளே அதன் கலிவான திசைக்கு கிணையாக கிருப்பது நெழியம். அதாவது,

$$Q E_2 B \parallel P_1 E_1$$

படபிதரி 20

1. ஒளிப் பிறழ்ச்சியினால் பாதிக்கப்பட்டத விண்மீன்களின் கிடமென்ன?

குறிப்பு: மண்ணுக்கில் ஸ்ரீளையிலுள்ள, அதாவது,  $A$ -ல் உள்ள விண்மீன்கள் பாதிக்கப்படாது. மேலும்,  $A$ -க்கு நேரெதிரில் கதிரவன் பாதையிலுள்ள விண்மீன்களும் பாதிக்கப்படாது.

2. ஒளிப் பிறழ்ச்சியினால் அகலங்க்கில் மட்டும் பிறழும் விண்மீன்களின் கிடமென்ன?

குறிப்பு:  $A$ -போடு கதிரவன் பாதை துருவம்  $KN$  கிணைக்கும் துணைவட்டத்திலுள்ள விண்மீன்கள் அகலங்க்கில் மட்டும் பிறழும்.

3. ஒரு குறிப்பிட்ட சமயத்தில் ஒரு குறிப்பிட்ட நடுவரை விளக்க வட்டத்தின் மேலுள்ள விண்மீன்களின் வர ஏற்றங்கள் ஒளிப் பிறழ்ச்சியினால் பாதிக்கப்படாதெனப் படல் வரைத்து நிறவுக.

குறிப்பு: நடுவரை துருவம்  $F$  போடு  $AN$  கிணைக்கும் பெரு வட்டத்தின் மேலுள்ள விண்மீன்கள்.

4. கதிரவன் அமைய்க்கிற ஈரணமாகவும், ஒளிப் பிறழ்ச்சி வரணமாகவும் ஒரு விண்மீனின் தோற்றப் பாதை வரண திகைட்டல் கள் ஒத்த வடிவுடையனவெனவும், கிணையான தளங்க்கில் அமைக்கிற வேளவும் நிறவுக.

குறிப்பு: கிரண்டிற்கும் குகிசையப் பிறழவு  $c \cos \beta$  அமையுத் தளங்க்கில், கதிரவன் பாதையின் தளத்திற்கு கிணையானவை.

5. மேற்கூறிய (3)-வது கணக்கில் அகலிசு நீர்வட்டங்களின் பொருள்கள்  $2\pi d : 1$  என்ற விகிதத்திலுள்ளனவென நினைவு. உ. உகப்பது ஒளிபாண்டுகளில் அகலிசின் தூரமொன்றாகுக.

6. ஒரே அகலங்கு  $\beta$  உட்கு கிரு வின்மீத்குவுக்கிடைபட்ட கோண தூரம்  $\theta$ ; அவற்றில் தெட்டாங்குகளின் கூட்டுத்தொகை  $2\lambda$ . ஒளிப் பிதழ்ச்சி காரணமாக  $10^\circ$ -லில் ஏற்படும் மாறுதல்,

$$2k \tan \frac{\theta}{2} \sin(\lambda - \odot) \left( \cos^2 \beta - \sin^2 \frac{\theta}{2} \right)^{1/2}$$

என நினைவு.

7. ஒளிப் பிதழ்ச்சி மாறிலி  $k$ ; ஒளிவேகம்  $c$ ; புலிசுப்பு மாறிலி  $G$ ; கதிரவன் பொருண்மை  $M$ ; மண்ணுடை நீர்வட்டப் பாதையின் செவ்வகம்  $2l$ . அப்போது

$$G \cdot M = 16^2 c^2 \text{ என நினைவு.}$$

8. ஒளி, கதிரவனிலிருந்து மண்ணுடைவ வர 8 நிமி. 20 வினாவுகள் ஆகும், ஒரு வின்மீதுக்கு கிருகைக் கூடிய கிப்பெரு ஒளிப் பிதழ்ச்சி ஏறக்குறைய  $20'' \cdot 5$  என நினைவு.

9. ஒளிப் பிதழ்ச்சி காரணமாக, ஒரு வின்மீத்கு அகலங்கு, தெட்டாங்குப் பிழைகள் சமவெளிக்  $\sin^2 \beta = 2 \cot(\odot - \lambda)$  என நினைவு. [ $\lambda, \beta, \odot$  மரபுப்படியுள்ள குறியீடுகள்.]

10. ஒளிப் பிதழ்ச்சி காரணமாக  $S$  என்ற வின்மீத்கு தெற்ற கிடம் ஒன்று மாத கிடைவெளியில் முதலில்  $S'$ ; ஒன்று மாதத்திற்குப் பின்பு  $S''$ . தெற்றகிடப் பாதையான நீர்வட்டத்தில்  $SS'$ -க்  $SS''$ -க் துணையிடக்கை (conjugate diameters) என நினைவு.

படம் 20-3-க்

$$\begin{aligned} SS'^2 &= SL'^2 + S'L'^2 \\ &= k^2 [\sin^2 \beta \sin^2(\odot - \lambda) + \cos^2(\odot - \lambda)] \end{aligned}$$

ஒன்று மாதங்களுக்குப் பின்பு, கதிரவன் தெட்டாங்கு  $(\odot + 90^\circ)$ . எனவே,

$$\begin{aligned} SS''^2 &= k^2 [\sin^2 \beta \sin^2(90^\circ + \odot - \lambda) + \cos^2(90^\circ + \odot - \lambda)] \\ &= k^2 [\sin^2 \beta \cos^2(\odot - \lambda) + \sin^2(\odot - \lambda)] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \therefore SS'^2 + SS''^2 &= k^2 \sin^2 \beta + k^2 \\ &= (\text{அரைச் செற்றக})^2 + (\text{அரைப் பொச்சக})^2 \end{aligned}$$

$$\therefore SS' \text{ -க் } SS'' \text{ -க் கிரு துணையிட விட்டகங்களாகின்றன.}$$

11. மேற்கூறிய முடிவு, கதிரவன் கையல் பிழைக்கும் பொருத்து மொன அநே முதற்ப்படி நினைவு.



## 21. விண்மீன்கள்—பேரண்டம் (The Stars—The Universe)

21-0. விண்வெளியில் எத்தனைபேர் விண்மீன்களைப் பார்த்திருக்கிறோம். சில ஒளி மிகுந்தும் சில ஒளி குறைபாடாகவும் காட்சியளித்திருக்கின்றன. நிறங்களில் அவை வேறுபட்டிருக்கின்றன. சில கூட்டம் கூட்டமாகவே கிளைபிழைத்து நோக்குகின்றன. இவைபற்றி மிகு வரை வானியல் அறிஞர்கள் கண்டு கூறிய சில முடிவுகளை இப்பகுதியில் பார்ப்போம்.

21-1. விண்மீன்களின் நகர்ச்சி (Motion of the Stars): வானியலறிந்த நம் முக்குறிகள் விண்மீன்கள் 'நிலைத்த இடத்தில் இருப்பவை' (Fixed stars) எனவே ஏற்றுக்கொண்டனர். ஏனெனில், அவை கோக்கம்போல எம்மாதிரியும் இயங்குவதாகவே தெரியவில்லை. விண்மீன்களுக்கு இடைப்பட்ட தூரங்கள் (ஒன்றுக்கொன்று காத்திருக்கும் நிலையில்—Relatively) மாறுமல் இருந்ததாகவே அவர்கள் முடிவு எட்டியிருந்தனர். ஆனால், தற்போது ஆய்வின் விளைவாக விண்மீன்கள் ஒன்றுக்கொன்று சிறிது சிறிதாக நகர்ச்சி அடைகின்றன எனத் தெரிவிக்கிறது. ஆனால், இந்தநகர்ச்சி மிகமிக துடி அளவுடையது. அவர்க்கு கூடிய அளவில் நாம் அந்தநகர்ச்சி காணப் படுவதாற்றாண்டுகளாகும். நடுப்பார்க்கல் சில விண்மீன்களுக்கிடையே அளந்து கூறிய கோண தூரங்களிலும், தற்போது அம் விண்மீன்களுக்கிடையே அளந்து காணப்படும் கோண தூரங்களிலும் சிறு சிறு வேறுபாடுகள் இருப்பதாக நுண்ணுருவிகள் எடுத்துக் காட்டுகின்றன. முதலில் ஹாலியன் புறம்பெற்ற 'ஹலி' (Hally) எனப்படும் 1818-ஆம் ஆண்டில் இந் நகர்ச்சியைக் கண்டு கூறினார்.

21-1.1. முறைபாண நகர்ச்சி (Proper Motion): ஒர் ஆண்டில் உதிரவன் சுழல்க்கொண்டு அளக்கப்படும் விண்மீன் நிகரவாற்றம், அம் விண்மீனில் 'முறைபாண நகர்ச்சி' எனப்படும். அது சில விடையகளைதான். பொதுவாக ஒளியிழை விண்மீன்கள், மங்கலான

விண்மீன்களிலிட அண்மையிலிருப்பதாக, ஒளிவீச்சு விண்மீன்களுக்கு கிட்ட 'மூன்றயான நொச்சி' சிற்றி கூடுதலாக உண்டது. 'மியூனிக்' (Munich) என்ற விண்மீனுக்கு 'மூன்றயான நொச்சி' ஆண்டுக்கு 10"-25; நமக்குத் தெரித்தவரை, மிகப் பெரிய நொச்சி அளவு கிதுதான். சில விண்மீன்களின் 'ஒளித்தரமும்' 'மூன்றயான நொச்சியும்' பீசுவரும் பட்டியலில் காண்க.

விண்மீனின் பெயர்	ஒளித்தர எண்	ஆண்டுதோறும் மூன்றயான நொச்சி
மியூனிக் (Munich)	9.7	10"-25
61 சிக்கி (Cygni)	5.4	5"-2
பு காலிபோர்பியா (Carliopolis)	5.3	3"-8

ஆண்டுதோறும் 'மூன்றயான நொச்சி' 10" வீதம், ஒரு விண்மீன் 360° நொத்து செல்ல 1,30,000 ஆண்டுகள் ஆகும். ஆண்டுக்கு 1"-4க்கு மேற்பட்ட 'மூன்றயான நொச்சி' உடைய விண்மீன்கள் கிட்டவரை நமக்குத் தெரித்தவை ஏதக்குறைய கிதுதானாகும்.

21-1-2. ஹிப்பர்ச்சஸ்: கி.மு. மூன்றாம் நூற்றாண்டிலே வாழ்ந்த ஹிப்பர்ச்சஸ் (Hipparchus) என்ற யவன நாட்டு வானியல் அறிஞர் மூன்றாம் நூற்றாண்டில் ஒரு விண்மீன் பட்டியல் தயாரித்தார். அந்தப் பட்டியலில் 1080 விண்மீன்களைக் குறித்தார். அவற்றை ஒளித்தர வரிசையில் ஆறு பிரிவுகளாக வகுத்தார். ஒளி கிடுத்தவற்றை மூன்றாம் விண்மீன்கள் (Stars of the first magnitude), அடுத்தபடியான ஒளிகூடானவற்றை கீரண்டாம்தர விண்மீன்கள் (Second magnitude), ... என கீவ்வாறு ஆறு தரங்களாக வகுத்தார். ஆறாவது அளவு ஒளித்தரம் மூடிய உகையற்றைத்தான் ஊதக் கண்ணால் பார்க்கமுடியும். ஆறாவது ஒளித்தரத்திற்கு மேற்பட்ட ஒளித்தரமூடையவற்றை ஊதக்கண் கொண்டு காண முடியாது. எனவே, அவ்வாறொரு ஹிப்பர்ச்சஸ் விண்மீன் பட்டியல் திதுதானிட்டது. கலிரியோ, தொலைநொச்சியை காணத்திருந்த திரும்பிய பின்புதான், கீதனும் ஒளித்தரம் குறைந்த விண்மீன்கள் உகையன என்ற உண்மை நமக்குத் தெரியவந்தது. கிப் பொழுது சாதாரண கிராக்கடக் குறையதொக்கி (Binoculars) கொண்டு ஹிப்பர்ச்சஸ்க்கு கண்டது போல இருபதில் மூன்று விண்மீன்களை நமது கால்கிக்குக் கொண்டுவரமுடியும். பெரிய தொலைநொக்கி கொண்டு கீதனும் பரிமடங்கு காணலாம். உயர்ந்த வானியல்

புறவட்டக் கருவிகொண்டு தாம் ஊணக்கூடிய விண்மீன்கள் விலகும் பரிமாடக்கு அறிவும். இப்போது வானியல் ஆராய்ச்சிக் கூடங்களில் உரின கருவிகள்கொண்டு 21-ஆம் தர விண்மீன்களைக்கூடக் கண்காணும்.

21-2. விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் (Stellar Magnitudes) : விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் 1, 2, 3, ... என்ற எண்ணால் குறிக்கப் படும். இவ்வுறைப்படி தற்போத்க்கால் முதன்முதலில் விண்மீன்களை ஆறு தரங்களாக வகுத்தாற்சென்ற கூறினோம். ஆனால், கண்பார்வையிற் றுப் படக்கூடிய விண்மீன்கள் மட்டுமே அவர் பட்டியலில் கூடப் பெற்றன. தற்போத்க்கால் மிகப் பளபளப்பான 20 விண்மீன்களைத் தேர்ந்தெடுத்து, அவற்றை 'முதல் தரம்' என்ற வகுப்பிலிட்டார். கண்ணுக்குச் சற்றுமட்டும் படக்கூடிய விண்மீன்களை 'ஆறாம் தரம்' என்ற வகுப்பிலிட்டார். கிடைப்பிட்ட பளபளப்புள்ள விண்மீன்களுக்கு 2 முதல் 5 வரை 'தரம்' வழங்கப்பட்டது. ஆனால், கின்ற தூப்பளான கருவிகள்கொண்டு ஊணக் கண்களுக்குப் படாத விண்மீன்களையும் பார்க்க முடியும். கின்ற 'தரம்' வகுப்புமுறை விலகும் துர்விய மாகக் கணக்கிடப்படுகிறது.

'தரங்கள்' அடிப்படையில் விண்மீன்களின் பளபளப்பை அவர் பதன் போகுள் என்னவென்று முதன்முதலாக நெர்ஷ்கிராஸ் ஒரு திட்டமான சொக்கையை வகுத்தார். அவர் வகுத்த சொக்கையின் மூலாதாரம் 1859-ஆம் ஆண்டு ஃபெக்னர் (Fechner) வகுத்த 'உட்க-உளத் தொடர்பு'க் சொக்கையாகும். நெர்ஷ்கிராஸ் வகுத்த சொக்கை யாவது: 'தரம் கூட்டுவரிசையில் (arithmetical progression) வளர் வளர், பளபளப்பு பெருக்குவரிசையில் குறைகின்றது'. கிதற்கு அளவுகோலாக அவர் கண்டது :

'முதல்தர விண்மீனின் பளபளப்பிற்கும், ஆறாம் தர விண்மீனின் பளபளப்பிற்கும் உள்ள விகிதம் 100 : 1'. அதாவது இரு விண்மீன்களின் பளபளப்பு முறையே  $B_1$ ,  $B_2$  எனவும், அவற்றின் ஒளித்தரங்கள் முறையே  $m_1$ ,  $m_2$  எனவும் சொல்வோம். பெருக்குவரிசையின் பொது விகிதம்  $x$  எனக் கொள்வோம்.

$$\therefore B_1 \propto \frac{1}{x_1^2}$$

$$B_2 \propto \frac{1}{x_2^2}$$

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = x_2^{m_2 - m_1} \quad (1)$$

இந்த விதியை முதல்தரம், ஆகும்தரம் உட்கள வின்மீட்களாகுத் குப் பொருத்தினும் தெரிகுக் கூறியபடி,

$$100 = R^{4-1}$$

$$= R^3$$

$$\therefore 5 \log R = Z$$

$$R = \text{ant } i \log (3)$$

$$= 2.5 \text{ (ஏறக்குறைய)}$$

(2)

$$\therefore \frac{B_1}{B_2} = 2.5^{\frac{m_1 - m_2}{1}} \text{ என்ற வாய்பாடு பெறப்படுகிறது.}$$

எடுத்துக் காட்டாக,

$B_1, B_2$  என்பவை முதல், இரண்டாந்தர வின்மீட்களின் பளபளப் பாயின்,

$$\frac{B_1}{B_2} = 2.5^{(2-1)}$$

$$= 2.5$$

$$\therefore B_2 = .4 B_1$$

எனவே, முதல்தர ஒளி அளவு 1 (ஒன்று) எனக் கொண்டால், இரண்டாம் தர ஒளி அளவு முதல் அளவிக் 40% ஆகும்.

21-ஆம் தர ஒளி அளவு,

$$B_{21} = \frac{1}{(2.5)^{20}} B_1 \text{ என்ற வகையில் முதல்தர ஒளி}$$

அளவைப் போக் 0.00000011% ஆகும். இங்கு தாம் கண்ட  $x=2.5$  (இங்கும் சரியாக 2.512) என்பது 'ஒளி விகிதம்' (Light Ratio) எனப்படும்.

இந்த முறையாக 'தரம்' வகுப்பதைக் கூட்டு, குறை மதிப்பு அளக்கும் விதமாக்கலாம். எடுத்துக்காட்டாக, 'முதல்தரம்' பளபளப் புடைய வின்மீட்களெனில், 'பூச்சியம்' 'தரம்' பெற்ற வின்மீட்கள், ஒருபடி பளபளப்பதில்லம்; குறை மதிப்புகளாகும் (-1, -2, -3, ...) படிப்படிபாக உவரும் பளபளப்புடைய வின்மீட்கள் உண்டு. மேலும், பதிக்கபகுப்புப் பிகளாத் தரங்களும் பயன்படுத்தலாம்; 'தரம்' 8.3 எனில், தரம் 8, தரம் 9 பெற்ற வின்மீட்களின் பளபளப்புக்கு இடைப்பட்ட பளபளப்பு எனப் பொருள் கூறலாம்.

21-2-1-1. கண் பார்வைத் 'தரம்' (Visual Magnitude): 'போட்டாக்கிட்டர்' (Photometer) என்ற அளவிகளெண்டு, ஒரு குதிப்பிட்ட தாளுடைய வின்மீட்கின் பளபளப்பொரு 'தரம்' தெரியாத வின்மீட்கின் பளபளப்பை ஒப்பிட்டுப் பரீக்லாம். இக் அளவிக் பல் வகைகளிக் கியற்றப்படுகின்றன. ஜாக்ஸர் (Zönnner) வகை, உச்சரி

வகை என்ற சிறப்பான இரு வகைகளில் இக்கருவி ஆக்கப்பட்டுப் பழக்கத்தில் உள்ளது. 'ஆல்பராக்' (Aldebaran) என்ற விண்மீனின் தரம் 1; துட்டாராக அதன் தரம் 1-05 என அளவிடப்படும்.

21-2-1-2. புறக்கம்பட அளவுத் தரம் (Photographic Magnitude): தற்சமயத்தில் கண்ணுக்கு அபிதாசப் புறக்கம்படம் விண்மீன்களின் ஒளித்தரம் காண, அயிதமான விண்மீன்களைப் புறக்கம்படம் எடுத்தது, சமநேரமாக ஆராய்ந்து முடிவுகள் வெளியிடப்படுகின்றன. புறக்கம்படத்தில் விண்மீன் உருவமவும் ஒளிபளவும் பிரதிபலிக்கப்படுகின்றன. இரு விண்மீன்கள் ஒரே ஒளித்தரமுடையன வாயினும், வெவ்வேறு நிறமுடையதாகும், புறக்கம்படத்தில் ஒளிபளவுகளில் வேறுபாடு பிரதிபலிக்கப்படுகிறது. எடுத்துக்காட்டாக நீல நிறமும், சிவப்பு நிறமும் உள்ள இரு விண்மீன்களை எடுத்துக் கொண்டால், நீல விண்மீன் ஒளி மிகுதியாகவும், சிவப்பு விண்மீன் ஒளி குறைவுமுடையதாகவும் தோன்றுகிறது. காரணம், புறக்கம்படத் தட்டில் தனித்தன அதிவளமையும், சிவப்பைக் குறைவளமையும் ஏற்றுக்கொள்ளும் தன்மை உடையது. எனவே, கண்பார்வையத் 'தரத்திற்கும்' புறக்கம்படத் 'தரத்திற்கும்' உள்ள வேறுபாடு, நிற அளவு குறிக்கும் ஓர் அளக்கவாசகமாகக் கொள்ள உதவுகிறது. எனவே, கிழ்வேறுபாடு 'நிற அளவை' (Colour Index) எனப்படும். புறக்கம்படத்தைப் பயன்படுத்தி முடிவுகளும் அடிப்படையாகக் கொள்ளுகள் மிகச் சிக்கலானவை. இத் தூறுக்குப் புறக்கம்படத்தின் விளிப்பு விளக்கப்படமில்லை.

21-2-1-3. விண்மீன்களின் ஒளிவெட்டும் பாகுபாடுகள் (Spectral classification of stars): ஒளிபுகைக்கும் கருவிகள் (Spectroscopes) உதவியென்கு விண்மீன்கள் ஒளிமீனை ஆராய்கள். விண்மீன்களின் ஒளி வரிசைகளைக்கொண்டு, அவ் வரிசையின் கோடுகளை ஆராய்வது மரபு. கிம்யழிவாக, விண்மீன்கள் 10 வகை வகைப் பிரிக்கப்படும். அவற்றின் ஒளி வரிசைகள் O, B, A, F, G, K, M, R, N, S என்ற எழுத்துகளால் குறிக்கப்படுகின்றன. ஒரே விதமான ஒளிவெட்டும் பாகுபாட்டில் வரும் விண்மீன்கள் நிறம், வெப்பநிலை மிகுந்தவற்றைப் பொறுத்த அளவில் ஒத்த தன்மையுடையன வாய் உள்ளன. கிழ்முறைகளைச் செயற்படுத்துகப்போது எத்தனையோ சிக்கல்கள் உள்ளன. அவற்றை எல்லாம் சரிப்படுத்தி, உரிய திருத்தங்கள் செய்துகொண்டுதான் கிழ்முறைகளைக் கையாள் வேண்டும். சில சமயங்களில் கருவிக்குக் கருவிக்கூட, வெவ்வேறு முடிவுகள் பெறப்படும். கையபத்தி விதமான தூக்களில் கண்டதிக.

1. R. Baker : Astronomy (Chapter II on Stars)
2. Sir H. S. Jones : General Astronomy (Chapter 12 on Stars)

21-2-1-4. விண்மீனின் 'தனி' ஒளித்தரம் (Absolute Magnitude): விண்மீன்கள் வெகுவேறு தூரங்களில் இருப்பதால் அவற்றின் ஒளித்தரங்களை ஒப்பீடு செய்ய சிபிசுரே போகிறது. எனவே, விண்மீன்கள் வரவற்றதையும் ஒரு திட்டமான தூரத்தில் 'நிறத்தி' அவற்றின் பரப்பைப்போலக் கணிப்பது, ஒப்பீட்டிற்குச் சாதகமாக இருக்கும். கீழ்படிக்கக் கணிக்கப்பட்ட ஒளித்தரங்களை 'தனி' (absolute) ஒளித்தரம் எனப்படும். இதற்கெனத் திட்டமான தூரம் 10 பார்செக் என ஏற்றுக்கொடுக்கலாம். அத்நத் தூரம் 0.1 என்ற அளவுள்ள கதிரவன் சுமையப் பிழைக்குறிய கிட்டமாகும் என நாம் அறிவேோம்.

அம் விண்மீனின் தனிமீனியல்பான ஒளித்தரம்  $M$  எனவும் மூலக் வரையறுத்தபடி, அதன் 'தனி' ஒளித்தரம்  $M'$  எனவும் கொள்வோம்; அம் விண்மீன் கதிரவன் சுமையப்பிழை  $\Pi$  எனவும் கொள்வோம். ஒரு பார்செக் தூரம்  $d$  எனக் கொண்டால் அம்விண்மீனின் கிம்புபான தூரம்  $= \frac{d}{\Pi}$ ; 'திட்ட'புரண தூரம்  $= \frac{d}{1} = 10d$

$$\therefore \text{கிம்புபான பரப்பளவு } B = \frac{1}{\left(\frac{d}{\Pi}\right)^2}$$

$$'திட்ட'புரண தூரத்திற் பரப்பளவு } B_0 = \frac{1}{(10d)^2}$$

$$\therefore \frac{B_0}{B} = \frac{1}{100\Pi^2}$$

ஆனால், தெரிவுக் கொண்ட கொள்கைப்படி,

$$\frac{B_0}{B} = \kappa^{n-M} \quad (21-2-1-1 \text{ காண்க.})$$

$$\therefore \kappa^{n-M} = \frac{1}{100\Pi^2}$$

$$\therefore (n-M) \log \kappa = -2-2 \log \Pi$$

$$\text{ஆனால் } \log \kappa = 0.4$$

$$(n-M) = -5-5 \log \Pi$$

$$\therefore M = n+5+5 \log \Pi \quad (A)$$

என்ற தொடர்பு கிடைக்கிறது.

எனவே, ஒரு விண்மீனின் கிம்புபான 'தரம்' ( $n$ ), அதன் கிம்புபான கதிரவன் சுமையப்பிழை ( $\Pi$ ) கிரண்டும் தெரிந்தால், அம்விண்மீனின் 'தனி' ஒளித்தரம் ( $M$ ) என்ற வரம்பளவுகொண்டு அதிய மூடியும்.

மெல்வேறு 'விண்மீன்கள்' ஒளித்தாங்குகள் பெற்ற விண்மீன்களை 10 பாக்சு தூரத்தில் 'திருத்தி' அவற்றின் 'தனி' ஒளித்தாங்குகள் ஒப்பிட்டு மெல்வேறு பாக்சு (A) உதவுகிறது.

21-3. விண்மீன்கள் தூரம்: நம் முன்னோக்களுக்கு விண்மீன்கள் எவ்வளவு தூரத்தில் உருவானனவோ தெரிந்திருக்க முடியாது; தெரிந்துகொள்ள வழியும் இல்லை. பத்திரமும் தூற்றுவதும், சொப்ளின்களும் தான் முதன்முதலில் விண்மீன்கள் விவரித்த தொலைவுகளை என அளிக்க முடிந்தது; ஏனெனில், மண்ணுறகம் உதிரவதில் சுற்றி வருவதன் விளைவாக விண்மீன்கள் கிட்டம் மாறுவதாக அப்பர் காணப்பட்டன. அன்றையதில் கிரேக்கர்கள், மண்ணுறகம் நம் சுற்றும் பாதையில் கிட்டம் மாறும்போது, விண்மீன்களுக்குக் கிட்டம் மாற்றம் ஏற்படாமலிருக்க முடியுமா என்ற அடிப்படையில்தான் சொப்ளின்கள் அளம் அளந்தது. சொப்ளின்களை அடுத்தது, திழ்ப்புள் ஒரு மெக்கை அளவில், விண்மீன்கள் தூரத்தைக் கணிக்க முற்பட்டனர். அப்பர் சிரியஸ் (Sirius) என்ற விண்மீன் ஒளியையும் விண்மீன் ஒளியையும் ஒப்பிட்டுப் பார்த்து, உதிரவதில் கிட்டம் கிரேக்கர்களும் தூரத்தைப்போல கிட்டமும் 100,000 மடங்கு தூரம் தனிமைத்தாங்குகள் உதிரவன் ஒளியும், சிரியஸ் ஒளியும் சமமாகும் என்று கூறினார்.

21-4. விண்மீன் மண்டலங்களும் அவற்றின் பெயர்களும் (Star Constellations and their Names): நமது முன்னோக்கில், விண்மீன்களைக் கூட்டங்கள் (groups) அகற்று மண்டலங்களாகப் பிரித்து அம்மண்டலங்களுக்குச் சாதாரண விவங்குகள் பெயர்களையும், புரண இதிசாசங்களில் தோன்றும் பெயர்களையும் கொடுத்தனர். கிரேக்கப் பெயரில்தான் பெரிய பொருத்தங்கள் ஏதும் காணுவதற்கில்லை. ஆனால், கிரேக்கர்கள் சொன்னதால் பாபிலோனியன், சீனா, எகிப்து, இந்தியா நாட்டு மக்கள், அவ் விண்மீன் கூட்டங்களை அறிந்தனர்.

தாமதமில் விண்மீன் பட்டியல்படி, விண்மீன்கள் 48 மண்டலங்கள் எனப் பிரிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. அவற்றில் 12 மண்டலங்கள் உதிரவன் வீதி மெனப்படும் கிரேக்கர் க்கொத்திலும், 21 அதற்கு வடக்கிலும், மீதி 15 தெற்கிலும் இருப்பதாகத் தாமதம் பட்டியல் கூறுகிறது. கிரேக்கர் 88 விண்மீன் மண்டலங்கள் இருப்பதாகக் கணக்கிட்டிருக்கின்றன. விண்மீன்களை அளவிற்குத் தம் மண்டலத்தின் பெயரால், குறித்து, ஒளித்தாங்குகளில் அளவற்றுக் கூறும்முறை 1603-ஆம் ஆண்டில் பெயரால் (Bayer) எழுதப்பட்டது. எடுத்துக்காட்டாக, சிறுசாடி (Little Bear) மண்டலத்தில் உருவ ஒளிக்கோள்கள் (Polaris) என்ற விண்மீன் & Ursa Minoris எனவும், காரை (Bull) —Bull—Taurus) மண்டலத்தில் உருவ ஒளிக்கோள்கள்

(Aldabaran) என்ற விண்மீன் α Tauri எனவும் குறிக்கப்படுகிறது. கடை மண்டபத்தில், அடுத்த ஒளியிக்க விண்மீன் β Tauri, (அந்த அடுத்த ஒளியிக்க விண்மீன் γ Tauri...) எனவும் α, β, γ...என்ற மூன்று எழுத்துகள் கீளைத்துக் குறிக்கப்படுகின்றன. இம் மூன்றையே மத்த மண்டபங்களுக்குப் பொருத்தும். எனவே, இவ்வாறு 8 வகை கடைகளுக்குப் புலப்படும் எல்லா விண்மீன்களும் பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றன.

மக்களான விண்மீன்கள், எத்தெத்த விண்மீன் பட்டியலில் கிடம் பெறுகின்றனவோ, அத்தத்தப் பட்டியலில் அம் விண்மீனின் வரிசை எண், அம்மீனைக் குறிக்கும். எடுத்துக்காட்டாக,

லாலண்டே 45, 585 எனில் லாலண்டே (Lalande) என்பவர் அடுத்த பட்டியலில் (1790-ஆம் ஆண்டுப் பதிப்பு) அந்த எண் கொண்ட விண்மீன்.

மீத மூன்றளவில் பெயரிடப்படாத விண்மீன்களை கிடக்குறியில், நாம் மரபாகப் பயன்படுத்தும் வரலாற்றம், நடுவரை விளக்கம் என்ற ஆவத்தொலைகின்றதாகப் பயன்படுத்த வேண்டும். விண்மீன் வரிசைப் பட்டியலில் (Star Catalogue) இவ் வாயத்தொலைகள் ஒரு குறிப்பிட்ட காலத்திற்குப் பொருத்துவனவையிருக்கும். ஆவத்தொலைகள் மட்டுமல்லாது, மேல மூற்புள்ளி T-ன் கிடநகர்ச்சியின் (Procession) விளைவாக ஆவத்தொலைகளில் ஏற்படும் திருத்தங்களும் கொடுக்கப் பட்டிருக்கும். மிகவசைண்டு, குறிப்பிட்ட எந்தக் காலத்திற்குமுரிய ஆவத்தொலைகளைக் கணித்த முடியும். (பகுதி 13 சம கிரவுப் புள்ளிகளில் நகர்ச்சி காண்க.)

21-5. கிரட்டை விண்மீன்கள்: விண்மீன்களை வகைக்கச் செண்டு பார்க்கும்போது தனியாகத் தோன்றும் சில விண்மீன்கள் தொலைதோக்கி செண்டு பார்க்கும்போது ஒரு நகம்பனோடு (ஒரு மக்களான விண்மீன் அதனுடன் இருப்பதுபோல்) காணப்படுகிறது. மிகவ கிரட்டை விண்மீன்களெனப்படும்.

எடுத்துக்காட்டு: காக்டர் (Cassiope) என்ற விண்மீனும், 61 சிக்னியம் (61 Cygni) அப்படிப்பட்ட கிரட்டை மீன்கள். பத்தொன்றாம் நூற்றாண்டிலேயே மிகவபத்தி வாணிபக வக்துநர் அறித்திருந்த போதிலும் ஒழுக்காக கிரட்டை மீன்களைப்பற்றிய ஆராய்ச்சி 1779-ஆம் ஆண்டில் ஹெர்ட்சல் (Herschel) என்பவராகத்தான் தொடங்கப்பட்டது. கிடை 40 ஆர்டர் கிரட்டை மீன்களைப்பற்றி நாமறிவோம்.

21-5-1. கிரட்டைமீன்கள் தோற்றத்திற்கு கிரண்டு எரணல் களில் ஏதேனும் ஒன்று இருக்கலாம்.

(i) நாம் எந்த நேர்கோட்டில் ஒரு விண்மீனைப் பார்க்கிறோமோ, அதே நேர்கோட்டில், சிதிர தூரம் தக்கி மற்றொருமீன் இருக்கலாம்;



அவ்விரண்டிற்குமிடையே எத்தனிதமான தொலைவு, நினைப்போ சித்தியில்லாமல், ஒரே தொலைவுக்கும் மட்டும் இருக்கின்ற காரணத்தால் கிரண்டும் ஒரே விண்மீனாகக் காட்சியளிக்கும். ஆனால், தொலைவோக்கி வநியாக கிரண்டும் பிரித்துக் காட்டப்படும். கிப்பவுப்பிட்ட கிரட்டை விண்மீன்கள் 'ஓட்சி கிரட்டை' (Optical doubles) எனப்படும்.

(ii) அல்லது கிரண்டு மீன்களும் ஒரே தொலைவில் இருத்து விவரமாகவேயே நினைக்கப்பட்டு, ஒன்றுக்கொன்று எதிர்ப்பட்டு, கிரண்டிற்கும் பொதுவான எப்படி மையத்தாகக் கற்றி வருவதாக இருக்கலாம். இவை 'கிண் விண்மீன்கள்' எனப்படும். சரியானமும் (Sirius), பிரோசியாவும் (Procyon) கிவகைப்படி, ஒரொரு திணைப்பைப் பெற்றிருக்கின்றன.

21-5-2. இவ் விருவகைப்பாடு கிரட்டை மீன்களைத் தவிர, மற்றொரு வகைப்பாடு கிரட்டை மீன்கள் உண்டு. அவை வெட்டொளி கிரட்டை மீன்கள் (Spectroscopic binaries), மறைக்கும் கிரட்டை மீன்கள் ஆகும்.

21-5-2-1. வெட்டொளி கிரட்டை மீன்கள் : இவை கிரண்டுமே மிகவும் மங்கலானவை. மிக ஆற்றலையுடைய தொலைவோக்கிவர்கூட அவற்றைப் பிரித்து இரு விண்மீன்களாகக் காட்ட முடியாது. அவற்றின் ஒளியை வெட்டி ஆராய்ந்துதான் கிரட்டைத் தன்மைமையக் காணமுடியும்.

21-5-2-2. மறைக்கும் கிரட்டை மீன்கள் : சில கிரட்டை மீன்களைத் தொலைவோக்கிகொண்டோ, ஒளிவெட்டிகொண்டோ காண வியலாது. ஆனால், சில சமயங்களில் ஒன்றைப்போலது கற்றி வரும் போது, மிக மங்கலான விண்மீன் அதைவிட ஒளி மிக்க விண்மீனாக மறைக்கிறது; திடீரென்று ஒளிக்க விண்மீன் ஒளி மங்கியிருக்கிறது. இந்த நிகழ்ச்சி, அவற்றின் கிரட்டைத் தன்மைமைய அறிவிக்கிறது. இவை மறைக்கும் கிரட்டை மீன்களெனப்படும்.

இதுவரை, கிவகைப்பாடு மறைக்கும் கிரட்டை மீன்கள் ஏறக்குறைய 200 கண்டுபிடிக்கப்பட்டிருக்கின்றன. கிவத்துக் மிகப் புதுப் பெற்ற கிரட்டை, ஆல்சோல் (Algol) எனப்படும் அரக்க விண்மீன். இது பெர்சியஸ் (Perseus) விண்மீன் மண்டலத்திலுள்ளது. அதன் ஒளித்தரம் 2-3. இது திரைத்தரமான ஒளித்தரம் அகது; ஒளித்தரம் சில மணி தொகையில் 2-3 முதல் 3-5 வரை ஏழையும் கிரங்கியும் இருக்கும். இவ் கிரட்டைமீன் அரேபியர்க்குள் அறிந்ததென்று, இதன் பெயர் கொண்டு வந்தவென்று இருக்கிறது.

21-5-3. மூல்கூட்டு, பங்கூட்டு விண்மீன்கள் (Triple and Multiple Stars): சில விண்மீன்கள், மூன்று அல்லது அதற்கு மேற்பட்டவை கூட்டாக இருப்பதாக மிக ஆற்றல் மிக்க தொலைதொக்கிகள் வாயிலாக அறியீறும். பொதுவாக ஒரு மூல்கூட்டு, வால்மீ ஒரு பங்கூட்டு விண்மீன்.

21-6. மாறும் விண்மீன்கள் (Variable Stars): பரிவாரக் கணக்கான விண்மீன்களுக்குத் திட்டமான ஒளியிச்சிை; அவற்றின் ஒளித் தன்மை (பளபளப்பு) மாறிக்கொண்டேயிருக்கிறது. இந்தப் பட்டியலில் ஆண்டுதோறும் தூற்றுக்கணக்கான விண்மீன்கள் சேர்க்கப்பட்டு கின்றன. அவற்றுள் சில, குறிப்பிட்ட காலவட்டிகளில் ஒளி மாறித் தோன்றுகின்றன. இக் காலவட்டிகள் சில மணி நேரமாக இருக்கலாம்; தூற்றுக்கணக்கான நாட்களாகவும் இருக்கலாம். மற்றவை தன்னிக்காவாக (ஒரு நியதிக்கும் உட்படாமல்) ஒளிமாறித் தோன்றுகின்றன. அவை வாயும் மாறி விண்மீன்கள் எனப்படும்.

25-1970 எனக் குறிப்பிட்டால், இந்த மாறி விண்மீன் 1970ஆம் ஆண்டில் கண்டுபிடிக்கப்பட்ட 25-ஆவது விண்மீன் ஆகும். மாறித் தன்மை திட்டமாக மூலவு சொந்த மீன்பு, சில விண்மீனுக்கு ஒரு பெயர் வழங்கப்படுவது மரபு. இப்பெயர்களை எழுத்துப் பொதுப்பு அகிய உயர்வானியல் சங்கீதத்தர் (The International Astronomical Union) சர்த்தது.

21-6-1-1. மாறி மீன்களில் பற்பல மாறுதல்களும் வேறுபாடுகளும் மிளிர்ந்திருப்பதால், அவை சில கிண்களாகப் பிரிக்கப்பட்டு இருக்கின்றன. அவையாவன:

- (1) திட்டமான காலவட்டமாதல்கள்:
  - (a) மறைக்கும் கிரட்டை விண்மீன் தொகுப்புகள்;
  - (b) சிபெயிட் (Cepheid) மாறிகள்;
  - (c) நெடுகாலவட்ட மாறிகள் (Long period Variables).
- (2) திட்டமான காலவட்டமற்றவை:
  - (a) நெறிவந்த மாறிகள் (Irregular);
  - (b) புதுமீன்கள் (ஒளி)மீன்கள்—Novae).

1. (a) மூன்று மறைக்கும் கிரட்டைமீன்களைப் பற்றிப் பார்த்தோம்.

(b) சிபெயிட் மாறிகள்: கிம்வனையான விண்மீன்கள் சிப்பியன் (Cepheus) என்கும் மீன்கூட்டத்தில் உருவன. இக்

விண்மீன்கள்—பேரண்டம்

கூட்டம் பிளியாடிஸ் (Pleiades) மண்டலத்திற்கும் ஊசிபோயிஸ் (Cygnus) மண்டலத்திற்கும் இடையில் காணப்படும். இக் கூட்டத் தில் சிறப்பான எடுத்துக்காட்டாகக் குறிப்பிடத்தக்க *சீ சிப்பெல்* (*சீ Capher*) என்ற விண்மீனின் ஒளித்தரம் ஏறக்குறைய 4.3 (m) முதல் 3.6 (m) வரை, 0.7 (m) வீச்சத்தில் மாறுகிறது. காலவட்டம் ஏறக்குறைய 5½ நாட்கள்; மதிமைய 1 (m) முதல் 1.5 (m) வீச்சத்தில் மாறுகின்றன. ௩ என்பது கண்பார்வையத் தரத்தைக் குறிக்கிறது. 4.3 (m) எனில் அதன் கண் பார்வை ஒளித்தரம் 4.3 என்பதுதான்.

மேலும், ஒரு நான்குக்குக் குறைந்த காலவட்டமுடைய விண்மீன் எனும் பலநாட்கள் காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் இவ்வினத்தில் இருக்கின்றன. சில மணிநேரக் காலவட்டமுடைய மாதிரி மீன்கள் சொத்தக் சொத்தாக உடன் விண்மீன்கள் (cluster) எனப்படும்; அக் சொத்தகக் கொள் ளடிவம் தாங்கித்திரும். இவ்வினத்தைச் சேர்ந்த மீன்களில் சொகுத்தகம்மகம் சில :

(i) ஒளித்தர மாற்றத்தில் ஏற்றமும் தாழ்வும் ஒழுங்காக உள்ள; மாற்றங்கள் திரை திரை இல்லாமல் ஒரு தொடர்ச்சியாகவே (continuous) ஏற்படுகின்றன.

(ii) ஒளிவொரு விண்மீனுக்கும் மாறாக காலவட்டமுண்டு. அக் மீனின் ஒளித்தரம் அதன் காலவட்டத்தின் முடிபகுதியில் வேவாக உச்சித்து நேரு தாமசாவே குறைகிறது. *சீ சிப்பெல்* என்ற மீனின் ஒளித்தரம் கிப்பெரு கதிப்புப் பேர 1½ நான்கு கிக்கு வீச்சிது மதிப்புப் பேர 4 நாட்களும் ஆகின்றன.

(iii) ஒளித்தர மாற்ற வீச்சம் 1 (m) முதல் 1.5 (m) வரை.

(c) நெடுங்காலவட்ட மாறிகள் : காலவட்டங்களைப் பொட்டி விண்மீன்களை வகைப்படுத்தல்வகை, பல 11 நாட்களுக்குக் குறைந்த காலவட்டமும், பல 150 நாட்களுக்குமேல் 450 நாட்களுக்குட்பட்ட காலவட்டமும் பெற்றவைவெனத் தெரிக்கின்றன. ஆனும், மீன்கூறப் பட்ட வகையிலுள்ள விண்மீன் எண்ணிக்கை, முதல் கூறப்பட்ட வகையிலுள்ளவைவற்றையிடக் குறைவு. 11 நாட்களுக்குமேல் 150 நாட்களுக்குட்பட்ட காலவட்டமுடைய விண்மீன்களும் உண்டு. மாடிப்படி, 100 நாட்களுக்கு மேற்பட்ட காலவட்டமுடைய மீன்கள், நெடுங்காலவட்ட மாறிகள் எனப்படும். இவை 3 (m) முதல் 8 (m) வரை ஒளித்தரமுடையவை. 331 நாட்கள் காலவட்டமுடைய மீன் மீரா (Mira) அகலது செசெடி (O Ceti) என்பதாரும். இதற்கு 2 (m) முதல் 9 (m) வரை ஒளித்தர மாற்றமுண்டு. இவ் விண்மீன் கிடிப் பெரிது. இதற்குத் துணைவகை 10 (m) விண்மீன் ஒன்றுண்டு.

2. (a) நெடுயற்ற மாறிகள் (Irregular Variables): எத்தக் காலவட்டத்திற்கு முப்படாமல், ஒளித்தர மாறுதல்கள் பெற்ற விண்மீன்

களும் உடனான. கிணை தெரியாத மாதிரிக் காணப்படும். கிம் மாதிரி மீகங்களில் மீச்சிறு ஒளித்தரம் 13 (m); திடவென்று 9-5 (m)-க்குமீத்து, ஏதாவதும் இறங்குவதாவதும் இருக்கும்.

(b) புதுமீகங்கள் (ஒளிர் மீகங்கள்) (Novae): மீகவகைக் கண்ணுக்குத் தெரியாமல் இருந்து, திடவென்று ஒளியிடுத்து ஒரு வகை மோதி உயர்க் காட்சியளிக்கும் மீகவகை ஒன்றுண்டு. அவை புதுமீகங்கள் எனப்படும். கிவத்தின் திடத் வெடிப்பில் 10 (m) முதல் 15 (m) வரை கிவத்தின் ஒளித்தரம் மிகும். அதாவது,  $10^4$  முதல்  $10^5$  மடங்கு ஒளி பெருகும்.

$$[10 \log k = 4, \therefore k^{10} = 10000; 15 \log k = 6, \therefore k^{15} = 10^6]$$

கி.மு. 134-ஆம் ஆண்டுவேயே நிர்ப்பார்க்கக் கித்தகவை காட்சிகள் ஏற்பட்டதாகக் குறிப்புடன் கொடுத்திருக்கிறார். மறுபடியும் கி.பி. 1572-ஆம் ஆண்டு நவம்பர் 7-ஆம் நாள் கிவ்வகையான ஒரு மீகமீகம் திடவென்று ஒளியிளினி வானத்தில் மிளிர்ந்தது. மத்தைய பற மீகம் மீகவகை மீகப் பறவையாகக் காட்சி கொடுத்தது. கதிரவன் ஒளியிலும் அது கண்ணுக்குத் தெரிந்தது. பதினாறு மாதங்களில் அது மறைந்துவிட்டது. இதற்கு டைகோ பிராஜியின் புதுமீகம் (Tycho Brahe's Nova) எனப் பெயரிடப்பட்டது. பிராஜியின் மாணவரான செப்ளருக்கும் கிவ்வகைப்பட்ட மீகமீகம் 1604-ஆம் ஆண்டில் காட்சி வளித்தது. அதற்குச் செப்ளர் புதுமீகம் (Kepler's Nova) எனப் பெயரிடப்பட்டது. கோக்கன் கிவ்க்கு விதானுக்குத் தாயும் தந்தையும் போலத் திரண்டு பிராஜி, செப்ளர் கிவ்களின் பெயர்கள் அகியின் மீகவகைக்குக் கூட்டப்பட்டது எனப் பொருத்தமேயாகும். கிவ்வகைப் பட்ட புதுமீகங்கள் மீகவகைக் கொடுக்கப்பட்டிருக்கின்றன.

பெயர்	கண்ட ஆண்டு கி. பி.	மீப்பெரு ஒளித்தரம்
அகுவே புதுமீகம் (Nova Agulae)	1918	1 (m)
சிசினி புதுமீகம் (Nova Cygni)	1920	2 (m)
பிக்டோரிய புதுமீகம் (Nova Pictoriae)	1925	1.2 (m)

சாதாரணமாக கிணை ஒரே ஒரு முறை வெடித்து மிக வெளிச்சத் தோடு காட்சி தந்து மறைந்துவிடுகின்றன. கிணைவது வெடிப்பு ஏற்படுவது மிக அருமை.

21-6-1-2. மிகப்பெரிய புதுமீகங்கள் (Super Novae): முன் கூறப்பட்ட டைகோ பிராஜி புதுமீகமும், செப்ளர் புதுமீகமும் மிகப்

விண்மீன்கள்—பேரண்டம்

பெரிய புதுமீன்கள் என்ற வகையிலடங்கும். சாதாரணப் புதுமீன்கள் வெடிப்பின் தோன்றும் சோதியைவிட மிகப் பெரிய புதுமீன்கள் மிகுந்த அளவில் ஒளி வீசும். அவை மிகந்த திறமையுடன் வெடிக்கும்போது தற்சாலையாக  $9 \times 10^8$  அதிக ஒளிப்பு (பிராணி புதுமீன்),  $10^4$  அதிக ஒளிப்பு (கெப்ளர் புதுமீன்) பெற்றன எனக் கூறப்படுகின்றன.

மீள்படிப்பட்ட மிகப்பெரிய புதுமீன்கள் தோன்றுவது மிகமிக அருமை, பிராணி, கெப்ளர் புதுமீன்கள்தாம். இதுவரை நாமறிந்த மிகவகைப் பெருமீன்கள். நாம் வரவும் பார்க்குமி மண்டலத்திற்கு அப்பாற்பட்ட சில மண்டலங்களில் இவ்விதமான மிகப்பெரிய புதுமீன்கள் தோன்றுவதாக நமக்கு ஆதாரங்கள் கிடைத்திருக்கின்றன. அவை மீள்வண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்டன (Extra Galactic Super Nova).

21-7. விண்மீன் கூட்டங்கள் (கோத்துகள்) (Star clusters): வானத்தில் சில பகுதிகளில் விண்மீன்கள் கூட்டம் கூட்டமாக இருப்பதை நாம் பார்க்கலாம். அவற்றின் மூன்று பெரும் பகுதிகளைப் பிரிக்கலாம்.

- (a) நகரும் கூட்டங்கள் (Moving clusters);
- (b) திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள் (Open clusters);
- (c) கோளவடிவக் கூட்டங்கள் (Globular clusters).

(a) நகரும் கூட்டங்கள்: இவையாவும் ஒன்றாக நீண்டதிரும்பது போல வானவெளியில் நகர்ந்து செல்லும். அவை நீண்டபிரயாது நகர்வது கண்டே, அக்கூட்டங்களை அறியலாம்.

பெருக்கரடி மண்டலத்திலுள்ள விண்மீன்கள் (Ursa Major) அப்படிப்பட்ட ஒரு கூட்டமாகும். ஊண்மண்டலம் மற்றொரு கூட்டமாகும். கிருத்திகை (Pleiades), ஹியட்ஸ் (Hyades) மற்றிரண்டு நகரும் கூட்டங்களாகும். ஆனால், இவையிரண்டும் வானத்தில் சிறு பகுதியிலேயே நகருகின்றன. உயர்ந்த மீன்மண்டலம் வகுப்பு (Second class) கூட்டங்களெனக் கூறுவது மாபு.

(b) திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள்: நகரும் கூட்டங்களுக்கும் திறந்தவெளிக் கூட்டங்களுக்கும் பெரிய வேறுபாடுகள் ஒன்றுமில்லை. நகரும் கூட்டங்களிலுள்ள விண்மீன்கள் மிக நெருக்கமாகவிரும்பும்; திறந்தவெளிக் கூட்டங்களில் ஒவ்வொரு கூட்டத்திலும் சாதாரணமாக தூறு விண்மீன்கள் இருக்கும். அவை ஒர் ஒழுங்கமைப்பில் படா; எகிஸ் வாக்புன் திட்டமாக வகுக்கமுடியாதபடி பாத்து கிடக்கும். இவ்வாறு ஏறத்தாழ 250 திறந்தவெளிக் கூட்டங்கள் இதுவரை நமது கணக்கில் கிடைக்கப்பெற்றிருக்கின்றன.

(2) வேளவையுடைய விண்மீன் கூட்டங்கள்: இவை ஆயிரக்கணக்கில் கூட்டக் கூட்டமாக வட்டவடிவிலும்; பெரும்பாலும் மங்கலாக இருக்கும்; அவை வாயத்தையும் ஒழுங்காக வண்ணப்போது, ஒரு கோள வடிவத்திற் அவை ஒன்றுகூடியிருப்பதுபோலத் தோன்றும். இவை வேளவையத்தில் அடர்த்தியாகவும், மையத்திலிருந்து கோள வாய்க்கப் பெருங்கி வரவர அடர்த்தி குறைத்தும் தோன்றும். இதுவரை இவ்வகையில் நாம் ஏறக்குறைய நூறு கூட்டங்களைக் கணக்கிட்டுப் பிடுக்கியோம். இவற்றுள் மிக ஒளியுள்ள கூட்டம் 6 சென்டாறா (6 centauri); ஊக்கண்ணனுக்கு இக் கூட்டம் நான்காம் ஒளிநூல் 4 (m) பெற்ற ஒரு மங்கலான விண்மீளுக் காட்சி நடுகிறது. இது நான்காம் 1677ஆம் ஆண்டில் கண்டு குறிப்பிடப்பட்டது.

மூன்றாம் குறிப்பிட்ட 6 சென்டாறா என்ற கூட்டம் ஏறக்குறைய 22,000 ஒளியாண்டுகள் (7000 பார்செக்) தூரத்தில் உள்ளது. அதன் கோணவிட்டம், சந்திரனின் கோணவிட்டத்தின் மூன்றில் மீண்டும்கு, மற்றொரு கூட்டம் ஏறக்குறைய 1,86,000 ஒளியாண்டுகள் தூரத்தில் உள்ளது.

21-8. அண்டம் அல்லது பால்வழி (Galaxy or the Milky Way): திவ்ய தோன்றது, வெண் கடிமூலிகளும் இவ்வாறு ஒரு நகரீரவிக் நாம் மேல்வானத்ததப் பார்ப்போமானாகும், துல்லியமான வெண்மையானது கீழ்த்தொடுவானம் முதல் மேல்தொடுவானம் வரை பரந்திருப்பதைக் காணலாம். ஆண்டு முழுவதும் இவ்வாறாகிய நாம் காணமுடியும். ஆனால், சில நாட்கள் இவ்வொளி கண்ணைப் பதிக்கும் எழிலுடையதாயும், சில நாட்களில் ஒரு சிறு வெண்பட்டை வானத்தில் விரிந்திருப்பது போலவும் தோற்றமளிக்கும். இந்த வெண் ணிற ஒளிபிறை கோடிக்கணக்கான விண்மீன்கள் கூட்டம் கூட்டமாக இருக்கின்றன. இந்த வெண்வெளிக், பால்வழி அல்லது அண்டம் எனப்பெயர். புரான கிதிராகங்களில், இது ஆராயல்களை எனப் பெயர் பெற்றிருக்கிறது.

இப் 'பால்வழி' வடவானத்தில், வடதுருவத்திற்கு 30° அளவில் விரிந்து, அரிமேரப்பியா, பெர்சியா, ஆரிய (Aries), டிரானிக் (Taurus) இரு கோம்புகள் வழியாகச் சென்று, கபிரவன் வீதி வயல் வந்து பிறகு ஆரியன் (Orion), ஜெமினி (Gemini), மாரெஸ் (Monoceros), ஆர்கோ (Argo), கிரூக்ஸ் (Crux) வழியாக சென்டா (Centaur) பாதங்களை வட்டிச் செல்கிறது. இங்கே இது இரு பிரிவுகளாகப் பிரிகிறது. ஒளிக்கூட பகுதி ஆர் (Ara), கிருச்சிக் (Scorpio), தனுசு (Sagittarius), ஆகுல (Aquila) வழியாக சிக்கல் வரை சென்று, மற்றொரு பகுதியைடு வதுபடியும் கிண்கிறது.

விண்மீன்கள்—பேரண்டம்

நாம் வாரும் கிப் மண்ணுமகம், கதிரவின் சுற்றிவரும் கோள்களில் ஒன்று எனவும், கதிரவன் கிப் பாக்வுழியில் ஒரு சாதாரண விண்மீன் எனவும், கதிரவன் குடும்பம் கிவ்வண்டவாகிய பாக்வுழியில் கிடம் பெற்றுள்ளது எனவும் நாம் 'மண்ணுமகம்' என்ற பகுதி (2)-ல் பார்த்தோம்.

21-8-1. பாக்வுழி: பிவ்வரும் படம் ஏதக்குறைய பாக்வுழியைக் காட்டுக.



படம் 21-8-1

கிவ்வழியில் கோளுக்கணக்கான விண்மீன்கள் உள்வன. கதிரவன் கிடுக்குவிடம் 3 எனக் குறிக்கப்பட்டிருக்கிறது. கிப் பாக்வுழியில் நடுக்கோட்டை, நாம் வானக் கோளத்திற்மேல் வளர்த்தாக், அது வான நடுவகாக்கு 63° சாய்கில் அமையும் ஒரு பெருவட்டமாகப் பெறப்படுகிறது. பெரும்பாலும்வான விண்மீன்கள் கிப் பெருவட்டத்தின் கிடு மருங்கிலும் குவித்து கிடக்கின்றன.

சூரியன் என்ற விண்மீன் தொகுப்பிற்கும் வானிலுமனச் (Canis-  
ma) என்ற விண்மீன் தொகுப்பிற்கும் கிடையில் கிவ்வழி 45° அகலம் கொண்டு, விண்மீன்களால் நிரப்பப்பட்டிருக்கிறது; மற்றக் சில கிடங்களில் கிவ்வழி 3° அகலது 4° அகலத்தால் உள்வது. கிவ்வழியில் கிவ் அட்த்தியான பாகம் சாவிட்டாரஸ் (Sagittarius) விண்மீன் தொகுப்பில் உள்வது. அளவிடத்த விண்மீன்கள் கிப்பகுதியில் கிடுப்பதாக், ஒன்றையொன்று பிடித்துக் காண முடியாத அளவிற்று அகல நெருக்கமாக் கிடுக்கின்றன.

கிவ்வண்டம் ஒரு பச்சொட்டி (bar) உருவத்தில் உள்வது. நடுவகா வட்டத்தின் விட்டம் 30,000 பச்செக்குகள். துவவங்கனின் வழியாக் மற்றொரு விட்ட தீனம் 5000 பச்செக்குகள். நாம் வாரும் கதிரவன் குடும்பம் கிவ்வண்டத்தின் ஒர் ஓரமாக், கையத்திகிடுத்து 8000 பச்செக் தூரத்திலுள்ளது.

21-9. பேரண்டம் (The Universe): பேரண்டத்திற் நமது அண்டவாகிய பாக்வுழியைப்,பேரன், கோளுக்கணக்கான அண்டங்கள் உள்வன. கிப் பேரண்டம் மூதலில் பிர்மண்டமவான சூவி தீரகம்

போன்ற தனிமையுடைய -ஹைட்ரஜன் (Hydrogen Type)) மயமாக இருத்த தொளவும், எண்ணப்பட்டதில், தனித்தனி அண்டங்கள் கிரேபோண்டத்தில் உருவாகியன என்றுக் கிணறு நம்பப்படுகிறது. ஒவ்வொரு அண்டமும் பல கோடிக்கணக்கான விண்மீன்களைத் தாங்கி நிற்கின்றன வெளவும், ஒரண்டத்திற்கும் மத்தோர் அண்டத்திற்கும் கிடைபே வெற்றும் பெரு வெளிகள் உள்ளன வென்றும் கூறப்படுகின்றன. இவ்வாறு வானியல் மூன்றப்படி கிரேபோண்டத்தில் குவித்து கிடக்கும் பல்வேறு அண்டங்களும் கூட்டம் கூட்டமாகப் பிரிக்கப்பட்டுப் பெயரிடப்பட்டிருக்கின்றன.

ஒவ்வொரு பிரிவினும் சில அண்டங்கள் சேர்க்கப்பட்டிருக்கின்றன. நாம் கீழுக்கும் அண்டம் 'கோக்கல் பிரிவு' என்ற பிரிவில் கீருக்கிறது. கிரேபிரிவின் தீவம் (அதாவது விட்டம்) 60,000 பார் செக்குகள். நம் அண்டமான பச்சிவழி மூலக்கூறு கிடத்தில் பல விண்மீன் அமைப்புகள் உள்ளன. கிடைவாயும்,  $2000 \times 10^4$  சூனிகுள் எண்ணப்பட்டதில் அழகுவின்றன.

நம்முடைய அண்டத்திற்கு அப்பால், அடுத்தபடியாக கோக்கல் பிரிவில் M 31 என்ற பெயரிடப்பட்ட ஓர் அண்டம் உள்ளது. அதற்கும் நமக்கும் கிடைப்பட்ட வெற்றவெளித் தூரம்  $10^6$  பார்செக்குகள். அதற்கடுத்த M 33 என்ற அண்டம் உள்ளது. நமது கோக்கல் பிரிவில் பார்வழி, M 31, M 33, இன்னும் 16 அண்டங்கள் யாவும் அடங்கியுள்ளன.

கோக்கல் பிரிவைப் போல மத்தும் பல பிரிவுகள் உள்ளன. ஒவ்வொன்றிலும் சில பல அண்டங்கள் உள்ளன.

(i) கோமா பிரிவு (Coma Cluster): 1000 அண்டங்களை யுடையது. கிடைபே பெரிய பிரிவு; தூரம்  $50 \times 10^6$  பார்செக்குகள்.

(ii) கொரோனா பெரியவிலில் பிரிவு (Corona Borealis): தூரம்  $50 \times 10^6$  பார்செக்குகள்.

(iii) ஹைட்ரா பிரிவு (Hydra): தூரம்  $400 \times 10^6$  பார்செக்குகள்.

மற்றப் பிரிவுகளின் தூரங்களைக் கணித்தல் கடினமாகிவிடுகிறது.

21-3-1. நெபுலங்கள் (Nebulae): தொலைதோக்கி வழிபாச விண்மீன்களைப் பார்த்துமேபோது சில ஒளிமூலத் படிவங்கள் காட்சிக்கு வருக. அவ் படிவங்கள் நெபுலங்கள் எனப்படும். கிடை, சிதம்பாச மூன்று வகைகளாகப் பிரிக்கப்படலாம்.

- (i) பரந்த நெபுலம் (Diffuse)
- (ii) கிருண்ட நெபுலம் (Dark)
- (iii) கோள் நெபுலம் (Planetary)



விண்மீன்கள்—பேரண்டம்

மூதம் கிரேண்டு வகையான நெபுலங்கள் நமது அண்டத்தில் (பார்க்கு) உண்டான. மூதம் வகையான நெபுலங்கள், பரந்த மூகிற் படிவங்களாக, மிகவுள்ள ஒளியோடு, திட்டுத் திட்டாகக் காட்சியளிக்கும். அவற்றைத் தனித்தனி விண்மீன்களாகப் பிரித்துக் காண இயலாது.

கிரேண்டாக வகையான நெபுலங்கள், கிரேண்ட திட்டுகளாக அகன்று கிரேண்ட குழியை சத்துணாகத் (Lagoon) தோன்றும். அத்துப் பெரும்பாலும் விண்மீன்களே கிரே.

மூன்றாம் வகையான நெபுலங்கள் (எண்ணிக்கை 150) சிறுசிறு உருவத்தை வடிவமாக அகன்று மூட்டை வடிவமாக உள்ள மூகிற் கட்டுகள். சிலவற்றின் கருவாக ஏதோவொரு விண்மீனும் அவற்றின் நடுயில் கிருக்கலாம். தொலைதோக்கி வழியாக அவை சிறுசிறு கோள்களைப்போல கிருக்கிறபடிவாக, கோள் நெபுலங்களென்ப பெயர் பெற்றன.

21-5-2. பரந்த நெபுலங்கள் : ஆரியன் மண்டலத்திலுள்ள பெரிய நெபுலம் (Great Nebula in Orion) மிகப் பிரசித்தி பெற்ற நெபுலமாகும். அதை பலவிதமான உருவங்களொடு திகழ்கின்றன. உருவ அமைப்பையொட்டி, அதை வெகுகூடப்படுத்திகின்றன. டம்பெல் நெபுலம் (Dumb bell Nebula), தண்டு நெபுலம் (Crab Nebula), சாவிக்குழி நெபுலம் (Key hole Nebula) என்பவை சில.

நெபுலங்கள் கிவற்றை ஒளி பெற்றவை அல்ல; அருகிலுள்ள விண்மீன்கள் ஒளி வீசி, அதை ஒளி பெறுகின்றன. இவை விண்மீன்களைச் சார்ந்திருக்கின்றபடியாக, அவ் விண்மீன்களின் தூரங்கொண்டு, நெபுலங்களின் தூரத்தையும் கணிக்கும்.

கிரேண்ட நெபுலங்கள் : பாக்வழியில் சில திட்டுகளில் விண்மீன்களே கிங்கு; சில திட்டுகளில் விண்மீன்கள் மிகமிகக் குறைவு. கிம்மத்தியான திட்டுகள் பல, வானியல் அறிஞர்கள் கண்டார்கள். பார்னார்ட் (Barnard) அம்மத்தியான 182 திட்டுகள் கணக்கெடுத்திருக்கிறார். இவை அப்பட்டமாக கிரேண்ட மூகிற் படிவங்களாகத் தோன்றுகின்றன. இவைவெல்லாம் கிரேண்ட நெபுலங்கள் ஆகும். கிம்மத்தியான கிரேண்ட கிடங்கு டாசன், ஆரியன், ஆபிஷ்கஸ் (Ophiuchus), கிருச்சிகம் முதலிய விண்மீன் தொகுப்புகளில் காணப்படுகின்றன. கிவற்றுக் மிகப் பிரசித்தி பெற்ற கிரேண்ட நெபுலம், தென்சிறுவை விண்மீன்கு (Southern Cross) அண்டமயிக் உள்ளது. சரிசாக்கு (Coal sack) என்பது அதன் பெயர். கிது ஊக்கங்களொன்று பார்த்தாலே, ஒரு பெரிய கருமூகிற் போலப் பாக் வழியில் கிருப்பதைக் காணலாம். 9 ஆபிஷ்கஸ் பகுதியில் கற்றொரு பெரிய நெபுலம் கிருக்கிறது.

**கோள் நெபுலங்கள் :** மூலதனக் கிணத்தைக் காட்ட நெரீஷுர், ஒருவேளை கிணை கோழேதும் கதிரவர்களுடைய குடும்பத்தைச் சேர்ந்தனவாயிருக்கலாமோ என ஐயப்பட்டார். ஆனால், அவர் மிகவும் துறப் பொருத்தது என முடிவுசெய்துக் கூறியிட்டார். தொலைநோக்கியின் வழியாக அவை, உருண்டை உருண்டையான பொருக்கனாகத் தோன்றுகின்றன. ஒரு மக்களான விண்மீன் ஒளியோர் உருண்டைக்கும் உட்கருவாக இருக்கலாமெனத் தெரிகிறது.

**மிகப் பிரசித்திபெற்ற கோள் நெபுலங்கள் :**

- (1) அண்டிரமீடனில் (Andromeda) உள்ள பெரு நெபுலம்.
- (2) லிராவில் (Lyra) உள்ள வளைய நெபுலம் (Ring).
- (3) பெருக்கலம்பலில் (Ursa Major) உள்ள ஆத்தை நெபுலம்.

21-8-3. நம் அண்டத்திற்கு (பார்க்கு) அப்பாற்பட்ட அண்டங்களில் உள்ள நெபுலங்கள் (Extra Galactic Nebulae) : நமது அண்டமாகிய பார்க்குக்கு அப்பாற்பட்ட அண்டங்களிலும் பலவகை நெபுலங்கள் உள்ளன. கிணத்தில் பெரும்பாலும் பாலகை கருள் (Spiral) நெபுலங்கள். வானவெளியில் பல பகுதிகளில் புதைப் படமெடுத்து நெபுலங்களின் எண்ணிக்கை 108-க்கு அருகிலிருக்கலாமென மதிப்பிடப்பட்டிருக்கிறது. கிணத்தில் பல மிகச் சிறியன; மிக மக்களான ஒளி பெற்றனவாகும்; வெகு தூரத்திலுள்ளன. எனவே, கிணை நமது அண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்டவை என அறியப்பட்டிருக்கின்றன. ஹப்ளில் (Hubble) வகுத்தபடி, நமது அண்டத்திற்கு அப்பாற்பட்ட நெபுலங்கள் இருக்கலானவை :

1. சீர்குறைந்த நெபுலங்கள் (Irregular).
2. சீரான அமைந்த நெபுலங்கள் (Regular).

**சீர்குறைந்த நெபுலங்கள் :** கிணை ஒரு திட்டமான உருவமும் தோற்றமும் பெற்றவை அகல. கிணைகடப்பட்ட நெபுலங்களுக்கு மேகலானிக் மூகங்கள் (Magellanic clouds) மிகச்சிறந்த எடுத்துக் காட்டு. கிணை மூகங்கள்பற்றிப் பின்னர்த் தெரிவிக்கக் கூறப்பட்டிருக்கிறது. கிணைகடப்பட்ட நெபுலங்கள் சிறுநீரை, புதைப்படத் தண்டை நெடுநேரம் படம் எடுத்தவைத்து (Long Exposure) ஆய்ந்ததில், சில விண்மீன்கள் அந்த நெபுலங்களில் புலப்பட்டன. கிணைகா நாமறிந்த சீர்குறைந்த நெபுலங்கள் மிகக் குறைவு. ஒருவேளை கிணை நம் புலனுக்கு எட்டாத சில இருக்கலாம்.

**சீரான அமைந்த நெபுலங்கள் :** கிணைகடப்பட்ட நெபுலங்கள் ஒவ்வொன்றும் நமக்கே உரிய ஒரோர் உட்கரு (Nebula) பெற்றிருக்கின்றன.

விண்டீன்சை—பேரண்டம்

கின்றன. அவை திட்டமான உருவத்தாக்கியுள்ளன. அவை சிறப்பாக,  
(i) நீள்வட்ட தொழுகை, (ii) கருள் (spiral) தொழுகை,  
(iii) குறுக்குக் கம்பியுடைய கருள் தொழுகை (barred spiral)  
உருவங்களில் உள்ளன.

(i) நீள்வட்ட தொழுகை ஏறக்குறைய வட்ட வடிவம், அங்கு  
நீள்வட்ட வடிவம் பெற்றவை.

(ii) கருள் தொழுகை திட்டமான கருள் வடிவம் தாங்கி  
நிற்கின்றன. அவை தட்டையாக, ஒரு மைய உட்சுரு வொன்று, மைய  
உட்சுருவிற்கு கிருபக்கங்களிலும் கைகள் நீட்டி கிரும்புது போலக்  
காட்சியளிக்கின்றன. நீண்ட கைகளில் பல விண்டீன்சை பொருத்தி  
யிருப்பது போலத் தெரிகின்றன. அவை வெண்ணிறத்தவை; சில  
பச்சை நிறத்தவை.

(iii) குறுக்குக் கம்பியுடைய கருள் தொழுகைகளில் உட்சுருயினிது  
கைகள் ஆரம்பமாவதிடுகின்றன. ஒரு தட்டையான ஒளிக்கை கம்பி  
உட்சுரு வழிபாக அதற்கு முன்னும் பின்னும் நீங்கிறது. அக் கம்பியின்  
முனைகளிலிருந்து கைகள் நீண்டு, அக் கைகளில் விண்டீன்சை  
பொருத்தியிருப்பனபோலத் தெரிகின்றன.

மெகல்லானிக் முகில்கள்: சீர் குறைந்த தொழுகைகளின் சிறந்த  
எடுத்துக்காட்டாக மெகல்லானிக் முகில்கள் அமைந்திருக்கின்றன என  
முன்பு கூறினோம். அம் முகில்கள், பாக்வழியின் தொழுகைத்திரிபுத்  
யிந்தொடுக்கப்பட்ட கிரண்டு பகுதிக்கேப்போலத் தொற்றாமலிக்கும்.  
கிம் முகில்களின் ஒரு பகுதிக்குப் பெருமுகில் (Large cloud)  
என்றும், மற்றொரு பகுதிக்குச் சிறமுகில் (The small cloud) என்றும்  
பெயர் சூட்டப்பட்டிருக்கின்றன. பெருமுகில் டொராடோ (Dorado)  
மண்டலத்திலும், சிறமுகில் டூரனா (Tucana) மண்டலத்திலும்  
உள்ளன. கிம் முகில்களுள் பற்பல மிகவும் மங்கலான (ஒளித்தரம்  
11 (m) முதல் தாழ்த்த ஒளித்தரங்கள்) விண்டீன்சை மறைத்து கிடக்கி  
கின்றன. கிம் முகில்கள் 150,000 ஒளியாண்டுகள் தூரத்திற்கு அப்பாற்  
பட்டவை; அவற்றின் விட்டங்கள் அளவு முறையே 32,000 ஒளியாண்டு  
அளவும் 25,000 ஒளியாண்டுகளுமாகும். ரோடோ வானியலறிஞர்கள்  
கிம் முகில்கள் கழங்கதரக் அறிவிக்கின்றனர்.

21-8-4. விரிந்துபோகும் பேரண்டம் (The Expanding Universe): கிப் பேரண்டம் நினைக்கத்தக்கது; விரிந்து  
கொண்டே போகிறதென்ற எகுத்தை மறைமுமாக முதலில்  
அறிவித்தவர் பிராசிபர் விக்கியம் டி சிட்ரர் (William de Sitter)  
ஆவார். கியாது எகுத்துடன் சில, தாம் பேரண்டத்தைப்பற்றி  
விரிந்துள்ள உண்மைகளுக்கு ஒரு புத்துயிர் கொடுத்தது. கிவ்



உள்ளன. ஆனால், கிம்மனாச்சி கந்தழி காலத்தில்தான் ஏற்படக் கூடும்.

(3) ஆரம்பத்தில் பேரண்டத்தின் அளவீட்டம் கிம் பெரிதாக விருத்து காலவட்டத்தில் குறுகி, ஒரு வீச்சிற் மதிப்பும் பெற்றது. அதன் பிறகு விரியும்.

கிட்ட ஒன்று கொக்கையில் எக் கொக்கையில் கிம் பேரண்டம் அடங்குமெனத் தெரிய வழியில்லை. ஆனால், கிம்போது கிம் பேரண்டம் விரித்து போய்க்கொண்டேவிருக்கிறது என்பதில் ஐயமில்லை.

கின்று நாமதித்த வகையில்  $13 \times 10^5$  ஆண்டுகளில் கிம் பேரண்டம் கிரண்டு மடங்கு விரிந்துவிடும் எனத் தெரிகிறது. கிம் மண்ணுயரம்  $30 \times 10^5$  ஆண்டுகளுக்குமுன் உருவாயிற்றென்ற கூற்றை ஏற்றுக் கொண்டால், எவ்வளவு தூரங்களும் நான்கு மடங்குக்குமேல் விரிந்திருக்க வேண்டும்.

## பித்தூத்பு I

அழியாப் புகழ்பெற்ற ஊனியல் மேதைகள்

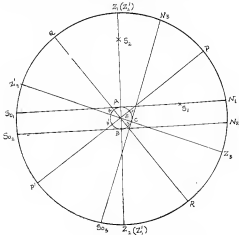
A.D. CHRISTIAN ERA. YEAR OF BIRTH

John Flamsteed	1646	Christoffer Duner	1839
Christian Huyghens	1629	Charles Pickering	1846
Edmund Halley	1656	George Hale	1868
James Bradley	1693	Norris Russel	1877
James Fergusson	1710	Julius Schmidt	1825
Louis Lagrange	1736	Eduard Schonfeld	1828
Simon Laplace	1749	Giovanni Schiaparelli	1835
Wilhelm Herschel (S)	1738	Camille Flammarion	1842
William Herschel (J)	1792	Percival Lowell	1855
Johann Schroter	1745	Henry Pickering	1858
Wilhelm Olbers	1758	Edward Barnard	1857
William Bessel	1784	Max Wolf	1863
Samuel Schwabe	1798	Anthony Procter	1837
Franz Encke	1791	Ellard Gore	1845
Wilhelm Struve	1793	Giovanni Celoria	1842
Heinrich Madler	1794	Hugo Seeliger	1849
Wilhelm Argelander	1799	David Gill	1843
Thomas Henderson	1798	Cornelius Kapteyn	1851
Jean Le Verrier	1811	William de Sitter	1872
John Adams	1819	Melvin Slipher	1875
Joseph Fraunhofer	1787	Albert Einstein	1879
Robert Kirchoff	1824	Arthur Eddington	1882
Giovanni Donati	1826	James Jeans	
Angelo Secchi	1818	Harlow Shapley	1885
William Huggins	1824	Van Rhijn	1886
Jules Jansson	1824	Fred Hoyle	
Joseph Lockyer	1836	S. Chandrasekhar	
Johann Zollner	1834	Sir Bernard Lovell	
Carl Vogel	1842	Narlikar	

## பித்தூறுப்பு II

வானக்கோளம் : B-2

படம் II. பார்க்க.  $E$  என்ற சிதவட்டம் வானக்கோளத்தைக் குறிக்கிறது. பகுதி 3-3-ல் குறிப்பிட்டபடி, உலகமே வானக்கோளத்தின் தடுவியி ஒரு புள்ளியாகக் கருதப்படும் அனைத்துச் சிதவடாகியிருக்கிறது.  $A, B, C$  என்பவை உலகின் மேற்பகுப்பில் மூன்று வெவ்வேறு கிடங்குகள்.



படம் II

மண்ணுலகமே வாய்வாகக் கொண்டு கற்பனை செய்யப்படும் பெரிய வானக் கோளம்.

$A$ -ம்  $B$ -ம் தேரெதிர் கிடங்குகள்.  $A, B, C$  என்ற கிடங்குகளில் முறையே  $S_{11}N_1, S_{12}N_2, S_{13}N_3$  என மூன்று தொகுதளங்கள் வரையப் பட்டு அவை, வானக்கோளத்தை முறையே  $S_{11}N_1, S_{12}N_2, S_{13}N_3$  என்ற

வட்டங்களில் வெட்டுகின்றன. உயர ஆரத்தையுடைய வானக்கோளம் பரமடங்கு பெரிய ஆரம் பெற்றிருப்பதால்,  $S_{00}N_1$ ,  $S_{00}N_2$ ,  $S_{00}N_3$  என்ற வட்டங்களின் பெருவட்டங்களெனக் கொள்வதில் பெருங்கிறை தோத்து விடாது. எனவே,  $S_{00}N_1$  என்ற பெருவட்டம் A-ன் தொடுவானம்;  $S_{00}N_2$  என்ற பெருவட்டம் B-ன் தொடுவானம்;  $S_{00}N_3$  என்ற பெருவட்டம் C-ன் தொடுவானம்; AE, CE மீரண்டையும் மிகுபக்கமும் நீட்டி வானக் கோளத்தை வெட்டிச் செல்ல.

A என்ற மீடத்தில் மிகுப்பவன் A-க் ஊர் வைத்து நிற்பான்.

$Z_1$  பக்கம் அவன் தலை மிகுக்கும். புவிசீர்ப்புச் சத்தியின் திசை AE; அவன் தொடுவானம்  $S_{00}N_1$ ; அப் பெருவட்டத்திற்குமேல்  $S_{00}Z_1N_1$  என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனது பார்வையிலிருக்கும். அதற்குக் கீழே  $S_{00}Z_1N_1$  என்ற அரைக்கோளத்தில் உள்ள வான்பொருள்கள் அவன் பார்வைக்குத் தெரியாது.

B என்ற மீடத்தில் மிகுப்பவன் B-க் ஊர் வைத்து நிற்பான்;

$Z_2$  பக்கம் அவன் தலை மிகுக்கும். புவிசீர்ப்புச் சத்தியின் திசை BE; அவன் தொடுவானம்  $S_{00}N_2$ ; அப் பெருவட்டத்திற்குமேல் (அவனுக்கு மேல்-படத்தில் கீழ்)  $S_{00}Z_2N_2$  என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனது பார்வையிலிருக்கும். அதற்குக் கீழே (அவனுக்குக் கீழே-படத்தில் மேல்)  $S_{00}Z_2N_2$  என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் அவனுக்குத் தெரியாது.

C என்ற மீடத்திலிருப்பவன் C-க் ஊர் வைத்து நிற்பான்;

$Z_3$  பக்கம் அவன் தலையிருக்கும். புவிசீர்ப்புச் சத்தியின் திசை CE. அவன் தொடுவானம்  $S_{00}N_3$ ; அப்பெரு வட்டத்திற்குமேல் (படத்தில் வலப்புறம்)  $S_{00}Z_3N_3$  என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனது பார்வையிலிருக்கும்; அதற்குக் கீழே (படத்தில் இடப்புறம்)  $S_{00}Z_3N_3$  என்ற அரைக்கோளத்திலுள்ள வான்பொருள்கள் யாவும் அவனுக்குத் தெரியாது.

எனவே, ஊட்சியானை மீடத்தைப்பொட்டி, அவனுக்கு மேலேயுள்ள அரைக்கோளத்தில் அவன் பார்வையுடைய பொருள்களும், கீழ்க்கண்ட அரைக்கோளத்தில் அவன் பார்வையுடைய பொருள்களும் மிகுக்கும்.

$S_1$  என்ற மீடமில் A என்ற ஊட்சியானனுக்கு உதயமாலும் எயயத்திக் B என்ற ஊட்சியானனுக்கு அது மறைந்திருக்கும்; C என்பவனுக்கு அவனுடைய தொடுவானத்திற்குமேலே அது சிதறு உயர்ந்து ஊட்சியானிலும்.



பித்திரியு

$S_2$  என்ற வகப்பொருள் A-க்கு நேர்உச்சியிலும், B-க்கு முந்திலும் மறைத்தும், C-க்கும் மறைத்தும் இருக்கும்.

$pp'$  என்ற உலகத் துருவ (கழக) அச்ச நிர்ணயப்பட்டால், அது வானக்கோளத்தை  $P, P'$  என்ற குறிப்பிட்ட மிடங்களில் வெட்டும்.  $pp'$ -க்குச் செங்குத்தான தளத்தில் வெட்டுறாக மான உலக நடுவகையும,  $PP'$ -க்குச் செங்குத்தான தளத்தில் வெட்டுறாகமான வான நடுவகையும, ஒரே தளத்தில் மேலிருக்கும். ஏனெனில்,  $QR$  வானக் கோளம்,  $PP'$ -ன் மிடம் வானக்கோளத்தின் நிலை யாகப் பதிக்கப்பட்டிருக்கிறது. எனவே,  $QR$ -ம் நிலையாகப் பதிக்கப்பட்டிருக்கிறது. மேலும்  $P, P'$  இரண்டும் வானக்கோளத்தின் எக்ஸ்சென்ட்ரம் நிலைத் துருவங்கள். மேலும், எதிர்வகை, எதிர்நிலை, எதிர்வகை குடும்பக் கோள்கள் நீக்கலாக, விண்மீன்கள் யாவும் கோடாறுகோடி கிணைமிட்ட பக்கங்கு அப்பாக்கி இருப்பதால், உலகத்தில் எந்த மிடத்தில் அட்சியானது இருந்தாலும், வானக்கோளத்தின்மேல் ஒரு குறிப்பிட்ட விண் மீனின் மிடம், ஒரே மிடத்திற்குள்ளே பொருத்தி யிருக்கும். படம் (2) II இதை விளக்கம் செய்யும்.



படம் (2) II

$\sigma$  ஒரு விண்மீன் (யம் கோடாறு கோடி கிணைமிட்டதன் தூரத்தில் உள்ளது.)  $E, S$  இரண்டும் உலகின் நேற்புரப்பில் இரண்டு மிடங்கள்;  $E\sigma'$ !  $S\sigma$  என வரைக.

$$\begin{aligned}
 &E\text{-மிருந்து } \sigma\text{-ன் திசை } \overrightarrow{E\sigma} \\
 &S\text{-மிருந்து } \sigma\text{-ன் திசை } \overrightarrow{S\sigma} \\
 &\text{திசையாற்றம் } \epsilon = \hat{E\sigma}S = \sigma' \hat{E}\sigma \\
 &\frac{\sin \epsilon}{ES} = \frac{\sin \sigma' ES}{S\sigma} \\
 \therefore \sin \epsilon &= \frac{ES}{S\sigma} \cdot \sin \sigma' ES
 \end{aligned}$$

$\sin \sigma' ES > 1$ ;  $\frac{ES}{S\sigma}$  விவகிச சிதிலது.  $\frac{1}{1000}$  எனக் கொண் டால்,  $\epsilon$  விவகிச அநியமானதாலும்; வானக்கிங்கட அகம்பலாத அளவு

சித்பதாபிதும். எனவே E, S என்ற எம்மிடத்திலிருந்து பாதிப் பினும், ௦-க்கு திகைமாற்றம் இக்கிரெயெனவே கூறலாம்.

→ —→  
S-லிருந்து திகை S௦ எனவும், E-லிருந்து திகை E௦+1S௦ எனவும் சொன்னலாம். எடுத்துக் காட்டாக, வீத்து கிரெயீட்டர் தூத்தி தூக்க ஒரு பெருகிளப் பாதிப்பவன், சிப்படி அப்படி 1 அல்லது 2 செ.மீ. தாதித்தானின், திகை வேறுபாடு ஒன்றும் கணக்கிடக்கூடிய அளவுக்கு இருக்காது. எனவே, மிகமிகப் பெரிய ஆரம் கொண்ட ஒரு வானக் கோளத்தை நாம் கற்பனை செய்கிறோண்டாக்,

(1) காட்சியாளன் எப்பருதியிலிருந்தாலும் அவன் விளம்பொருக் கிற அக் கோணத்தின் மேற்பரப்பின் குறிப்பது வெவ்வேறு கிடங்களைத் தரது.

(2) வானக்கோளத்தை வெட்டி, நிலையான திகைகளில் வரையப் படும் நேர்கோடுகள் யாவும், நிலைத்த திகைக்கோடுகளாகவும், அவை வானக்கோளத்தை வெட்டும் புள்ளிகள், அவ் வானக்கோளத்தின் மேல் நிலைத்த புள்ளிகளாகவும் அமையும்.

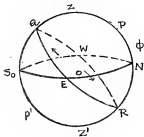
(3) விளம்பின்கள் பல்பல கோடானு கோடி கிரெயீட்டர்கள் தூத்திப் இருப்பதாக, உடைத்தின் மேற்பரப்பின் எந்த கிடத்திலிருந்து பார்த்தாலும், அவை திகை மாறாது.

(4) ஆனால், மண்ணுயிரில் வெவ்வேறு கிடங்குகளிலிருக்கும் காட்சி யாளர்களுக்கு விளம்பின்கள் வானக்கோளத்தின்மேல் வெவ்வேறு கிடங்களில் நோன்றும். ஒன்றாக் கூறியபடி A, B, C என்ற கிடங் களில் S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> என்ற விளம்பின்கள் எப்படித் தோற்றமளிக்கின்றன வென்பதைக் காண்க.

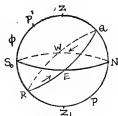
### பெற்குறிப்பு III

வானக்கோளம்-வட, தென் அகலாங்குதலில்

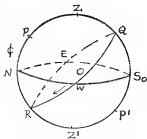
$\phi$  வட அகலாங்கத்தில் உள்ள இடம் :  $\phi$  - தென் அகலாங்கத்தில் உள்ள இடம் : வானக்கோளம்  
 (Celestial Sphere - A place in North Latitude) (Celestial Sphere - A place in South Latitude)



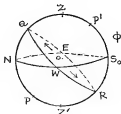
படம் III (1) ஒருமுள்



படம் III (3) ஒருமுள்



படம் III (2) மத்தைய புறம்



படம் III (4) மத்தைய புறம்

### பெருநிற்பு IV (பகுதி 14-0)

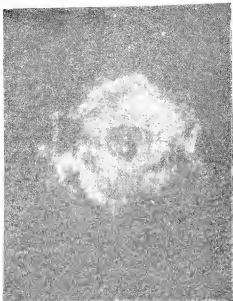
#### பேரண்டத்தில் இன்னும் கதிரவர்கள்

நமது அண்டமாகிய பால்வழி மண்டலத்தில் கதிரவன் குடும்பம் போலவே, விண்மீன்கள் சில ஒரொரு கோக்கைப் பெற்றிருக்கின்றன என்று தெரிகிறது. ஆனால், இக் கோக்கைப் படம் பிடித்துப் பார்த்த இதுவரை கிடைக்கவில்லை. எனினும், வானியல் அறிஞர்கள் தங்கள் ஆராய்ச்சிகளின் பரஸூக, அக் கோக்கள் இருப்பதை ஒருவாறு முடிவு எட்டியிருக்கின்றனர். அவை விபாழனைப் போல 20 மடங்கு எடை வுள்ளவைபாறியிருப்பினும், மிகச் சிறியதாக இருப்பதாலும், மிகமிகத் தூரத்தில் இருப்பதாலும் அவற்றின் மண்ணுலகத்தினின்றும் என் முடியாவிடும்.

இன்னும் சில கோக்களும் அவ் விண்மீன்களை சுமையுக்கொண்டு வியல்புரவாய்விருக்கலாம். ஆனால், இவ்றுவகை ஆராய முடிந்ததில்லை. திட்டவாட்டமாக அவற்றினைப்பற்றி ஒன்றும் கூற கிடைக்கவில்லை. பின்னரும் பட்டியலில் கதிரவன்போலக் கோக்கைப் பெற்ற விண்மீன்கள் சில.

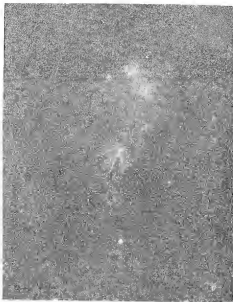
விண்மீன்	மண்ணுலகத்தி விருந்து தூரம் (ஒளிவாண்டுகள்)	விபாழன் எடை அளவில், கத்திரவரும் கோளின் எடை வீதம் (Mass of companion relative to Jupiter)
பர்தூலட் ஸாஸான்டே 21185	6-1	1-5
61 சிகேசி	7-5	10-0
BD+5° 1668	11-1	8-0
G 1-2354	12-4	20-0
BD+20° 2465	15-1	20-0
BD+43° 4305	15-5	20-0
GIN + 2347	15-7	20-0
	25-5	20-0

இதற்குறிப்பு



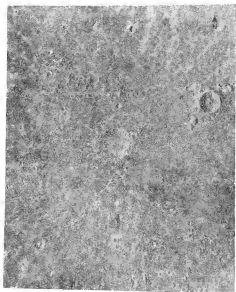
"மனசுரன்" (Monoceros) விண்மீதக் கூட்டம் - ரோசட் நெபுலா (Rosette Nebula) - அருகிலுள்ள விண்மீதங்களில் ஒன்றாக ஒளி பெற்றிருப்பது.

(National Geographic Society - Palomar Observatory - Sky Survey)  
—U. S. I. S. நெபுலா.



'மனசீரல்' (Monoceros) விண்மீதக்கூட்டம் - ஒரு பகுதி, பரங்கிமீர் -  
Newburgh.

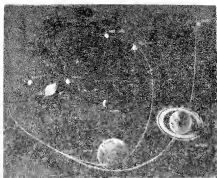
(National Geographic Society - Palomar Observatory - Sky  
Survey)  
—U. S. I. S. தஞ்சாவூர்.



‘கொப்பளிகல்’—தொலைநோக்கி ஓரலக் களட்சி

இது அத்திராபில் உள்ள ஒரு பெரிய பரிணத்தாக்குக்கு - கொப்பளிகல் எனப் பெயர் பெற்றது. இக் (Lick) வானவழிச் சாலைதான் 3-148 பீட்டர் ஒளிதிருப்பு முறைத் தொலைநோக்கி வழியாகப் பெற்ற படம். (இக் வானவழிச் சாலை, ஹாமில்டன் மவுன்ட், கலிபோர்னியா—(Lick Observatory, Hamilton Mount, California)

—U. S. I. S. நகரெனட.



மஞ்ஞளவிலிருந்து புறப்படும் செவ்வகக் கோக்கம் - சதிரவன் குடுவத்தி ழுள்ள எல்லாக் கோக்கங்களும், கிரகங்களுக்கான டயானம் செவ்வத் திட்டமிட் டிருக்கின்றன. கிரகம், ஜூபிடர், உரேனஸ், நெப்டியூனாக் கடத்து செவ்வம்; கிரகம், ஜூபிடர், சனி, புளூட்டோவைக் கடத்து செவ்வம், எல்லாம் கடத்து செவ்வம், சதிரவன் குடுவத்திக்கு அப்பால், வெட்டி விடுவதென்பதே பொருளும்.

—U. S. I. S. தஞ்சாவூர்.



## அகிலச்சொல் அகராதி

	A
Aberration	— பிறழ்ச்சி
Annual aberration	— ஆண்டுவகைப் பிறழ்ச்சி
Aberration of Light	— ஒளிப் பிறழ்ச்சி
Aberration, chromatic	— நிறப் பிறழ்ச்சி
Aberration, constant of	— ஒளிப் பிறழ்ச்சி $\frac{(d)\delta\theta}{\delta\theta}$
Aberration, coefficient of	
Aberration Diurnal	— தின வகைப் பிறழ்ச்சி
Aberration Planetary	— கோக் பிறழ்ச்சி
Absolute	— தனி, மட்டு
Absolute value	— தனி மதிப்பு மட்டு மதிப்பு
Absolute velocity	— தனி வேகம்
Acceleration	— முடுக்கம்
Acceleration angular	— கோண முடுக்கம்
Acceleration radial	— ஆகா முடுக்கம்
Acceleration transverse	— குறுக்கு முடுக்கம்
Acceleration uniform	— சீரான முடுக்கம்
Acceleration due to gravity	— புவியீர்ப்பு முடுக்கம்
Achromatic Telescope	— நிறப்பிறழ்ச்சி நீக்கிய தொலை தொக்கி
Age of the Moon	— சந்திரன் கலை (வயது)
Aldebaran	— உரோகிணி
Algol	— பரணி
Altair	— திருவேணம்
Altazimuth	— திசை உயரமானி
Altitude	— குத்துக்கோடு, குத்துயரம், கோணவேற்றம் (வர)
Altitude parallel of	— (அடிவரை) வளைவட்டம்
Altitude of celestial pole	— வான நடுவத்தின் உயரம்/ ஏற்றக்கோணம்
Angle	— கோணம்
Angle spherical	— கோணக்கோணம்
Angle of declination	— அகிவுக் கோணம்
Angle of depression	— கிழக்கக்கோணம்

Angle of dip	— தாழ்வுக் கோணம்
Angle of elevation	— ஏற்றக் கோணம்
Angle of incidence	— படுகோணம்
Angle of refraction	— முதிர்வினஞ்சோட்டக் கோணம்
Angular acceleration	— கோண முடுக்கம்
Angular diameter	— கோண விட்டம்
Angular distance	— கோணத் தொலைவு
Annular	— வட்டவடிவ, வட்டவடிவ வளையம்,
Annular Eclipse (Sun)	— சூரியவட்ட மறைவு, வட்டவடிவ சூரியமறைவு,
Anomaly	— நெறிப் பிறழ்ச்சி
Anomaly Eccentric	— மையப் பிறழ்ச்சி
Anomaly True	— நிலப்புப் பிறழ்ச்சி
Anomaly, Mean	— சராசரிப் பிறழ்ச்சி
Anomalistic Year	— அனாமலி திண்பாண்டு
Antarctic Circle	— அக்டார்க்டிக் வட்டம், தென் துருவ வட்டம்
Anti-clockwise	— கிடைக்காழியாக
Anti-podal	— எதிர்குருவ
Anti-node	— எதிர்க்கணு
Apex	— உச்சி, திசை
Apex of Earth's way	— புவி வழி முனை, மன்னாறுவ வழிமுனை
Apex (Solar)	— சூரியவன் உச்சி
Aphelion	— மன்னாறுவன் சோம்மைநிலை (சூரியவனிலிருந்து)
Apogee	— சூரியவன் சோம்மைநிலை (மன்னாறுவிலிருந்து)
Apparent	— நோற்ற
Apparent position	— நோற்ற நிலை
Apparent distance	— நோற்றத் தூரம்
Apparent magnitude	— நோற்ற அளவு
Apparent magnitude of a star	— விண்மீனின் நோற்ற ஒளித்தன்மை
Apparent midnight	— நோற்ற நடுநிசைவு
Apparent noon	— நோற்ற நண்பகல்
Apparent orbit of the Sun	— சூரியவன் நோற்றப் பாதை
Apparent Solar Time	— நோற்றக் சூரியவன் நேரம்
Apparent Solar Day	— நோற்றக் சூரியவன் நாள்
Apparent Sun	— நோற்றக் சூரியவன்

Apse	— கவிபம்
Apse line	— கவிபக் கோடு
Apse distance	— கவிபத் தூரம்
Apsidal angle	— கவிபக் கோணம்
Aquarius	— கும்பம்
Arc	— விக்
Arc Major	— பெரு விக்
Arc Minor	— சிறு விக்
Arctic circle	— அந்தர்க்கக் வட்டம், வடதுருவ வட்டம்
Arotarus	— கவாதி (விண்மீன்)
Area of a Lune	— கோளப் பரப்பளவு
Areal Velocity	— பரப்பு வேகம்
Aries	— மேடம், மேட ராசி
Aries first point of	— மேட மூத்தப்புள்ளி
Asterism (Lunar)	— நாகமீன் (நாவின நட்சத்திரம்)
Asteroid	— சிறு கோள்
Astronomy	— வானியல், வானவியல்
Astronomical Mean Sun	— வானியல் சராசரிக் கதிரவன்
Astronomical Refraction	— வான ஒளிக்கோட்டுடம், வான ஒளிக் கதிர்க்கோட்டுடம்
Autumnal Equinox	— கிணையுதிர் புள்ளி, கிணையுதிர் நாள் சமநிலையுப் புள்ளி
Auxiliary Circle	— துணைவட்டம்
Axis	— அச்சு, ஆயம்
Axis Major	— பெரிச்சு
Axis Minor	— சிற்றச்சு
Axis of Revolution	— சுற்றலச்சு, சுற்றச்சு
Axis of Rotation	— சுழலச்சு, சுழற்சியச்சு
Axis Polar	— துருவ அச்சு
Axis of Symmetry	— சமச்சரிச்சு
Azimuth of a star	— விண்மீனின் அடிவான தூரம்
Azimuthal plane	— திசை விற்றளம்
Azimuthal error	— திசை விற்றிழை

## B

Bearing	— கோணம், திசைக்கோணம்
Binary Stars	— கிணை விண்மீன்கள்
Binaries, Eclipsing	— மறைக்கக்கூடிய கிணை விண் மீன்கள்

Binaries True  
Binaries Visual

- இயல்பான இணை விண்மீன்கள்  
— நோற்ற இணை விண்மீன்கள்

## C

Calendar	— பஞ்சாங்கம், ஆண்டுக் குறிப்பு, சாலைக் கணிப்பு முறை
Canals on Mars	— செவ்வாயின் சாலைகள்கள்
Cancer	— கடகம்
Cancer Tropic of	— கடகரேகை
Canis Major	— பெருநாய் மண்டலம்
Canis Minor	— சிறுநாய் மண்டலம்
Canopus	— அகத்தியர்
Capricorn	— மகரம்
Capricorn Tropic of	— மகரரேகை
Celestial	— வான
Celestial axis	— வான அச்சு
Celestial Co-ordinates	— வான ஆவதிநொடிகள்
Celestial Equator	— வான நடுவரை
Celestial Horizon	— அடிவானம், தொடுவானம்
Celestial Latitude	— வான அகலங்கு
Celestial Longitude	— வான நெட்டாங்கு
Celestial Meridian	— வான உச்சிவரை
Celestial Pole	— வானத் தூயம்
Celestial Sphere	— வானக்கோளம்
Central	— கையமான
Central axis	— கையவச்சு
Central orbit	— கைய இயங்குபாதை, கைய வெள்கு
Centre of orbit	— இயங்குபாதை கையம், ஒழுக்கு கையம்
Centre of oscillation	— அலைவு கையம்
Centrifugal	— கைய விட்டுடோரும்
Centripetal	— கைய நாட்ட, கைய நோக்கும்
Chromosphere	— நிறமண்டலம், செத்திறப்புரை
Chromosphere Solar	— சூரியவளின் செத்திறப்புரை
Chronograph	— கால வரைபடம்
Chronometer	— கிரேவிச் அடிஅரம்
Circle	— வட்டம்
Circle great	— பெருவட்டம்
Circle of position	— தலைவட்டம் (air)

## கணிதசொல் அகராதி

Circle small	— சிறுவட்டம்
Circle semi	— அரைவட்டம்
Circumpolar Star	— <u>மகதயா</u> விண்மீன் உதயா
Civil Time	— அமல் நேரம்
Civil Year	— திசுவா ஆண்டு
Clock, Celestial (Sideral)	— வானியல் கடிகாரம், மீன்வழிக் கடிகாரம்
Clock Stars	— காலங்கூழிக்கும் விண்மீன்கள்
Clock wise	— வலஞ்சுழியாக
Cluster of Stars	— விண்மீன் திரும்பொத்து
Cluster of Stars Variables	— விண்மீன் மாறிகள்
Co-latitude	— நிலை அகலங்கூ
Collimation	— நேர்வரிசைப்படுத்து
Collimation Error	— நேர்வரிசைப்படுத்தி பிழை
Colure	— வானதுருவ வட்டம்
Colure Equinoctial	— சமநிரவு வட்டம்
Colure Solstial	— திருப்ப வட்டம்
Comets	— வால் விண்மீன்கள், வால் மீன்கள், வால் நட்சத்திரங்கள்
Common	— பொது
Common Tangent	— பொதுத் தொடுவரை
Common Tangent Direct	— நேர்பொதுத் தொடுவரை
Common Tangent Transverse	— குறுக்குப் பொதுத் தொடுவரை
Compensated Pendulum	— ஂடு சேமித ஂசலி
Concentric circles	— ஒருகைய வட்டங்கள்
Cone	— கூம்பு
Confocal	— ஒரு குவியமுகை
Conic	— கூம்பு வளைவு
Conjunction	— ஒருநிகைநிலை, நிலைமல் நிலை
Conjunction Inferior	— ஒருநிகைநிலை அண்மை
Conjunction Superior	— ஒருநிகைநிலை சேமிதமை
Constellation	— விண்மீன் மண்டலம்
Convex	— குவித்த
Co-ordinates	— ஆவத்தொலைகள்
Co-ordinates, Galactic	— அண்ட ஆவத்தொலைகள்
Corona	— ஒளிமல்குடம்
Coronograph	— ஒளிவடைய வகையி
Crab Nebula	— தண்டு நெபுலம்
Cusp	— பிதைமுனை, கூர்

Dark Nebula	— இருண்ட நெபுலம்
Day	— நாள்
Day Apparent Solar	— அதிரவக் வழித்தோற்ற நாள்
Day Civil	— அமெரிக்க நாள்
Day Lunar	— மதியநாள்
Day Mean Solar	— சராசரிக் அதிரவக் நாள்
Day Sidercal	— மீள்வழி நாள்
Declination	— நடுவரை விவக்கம்
Declination North	— நடுவரை (வடக்கு)
Declination South	— நடுவரை (தெற்கு)
Declination Circle (Hour Circle)	— நடுவரைக் குத்துவட்டம்
Degree	— பாகை
Diffuse Nebula	— விரவியிற்றும் நெபுலம்
Diurnal	— தினசரி, நாள்நேரம்
Diurnal Motion	— தினசரி இயக்கம்
Diurnal Path	— தினசரிப் பாதை
Doppler's Effect	— டாப்ளர் விளைவு
Double Stars	— இருட்டை மீள்கள்
Dwarf Star	— குறுமீன்
Dynamical Mean Sun	— இயக்கவிடைத் அதிரவன்
<b>E</b>	
Earth	— மண்ணுலகம், உலகம், புவி
Earth's axis	— மண்ணுலக அச்சு, புவிவச்சு
Earth Shine	— புவிநிலவு, புவிபொளி, மண்ணுலகப்பொளி
Earth's Zones	— மண்ணுலக மண்டலங்கள்
Earth Torrid Zone	— வெப்ப மண்டலம்
Earth Temperate Zone	— மிதவெப்ப மண்டலம்
Earth Frigid Zone	— குளிர்மண்டலம்
Eccentric angle	— சுமையவற்றிக் கோணம்
Eccentricity	— குவிதமையப் பிறழ்வு
Eclipse	— மீரணம், மறைப்பு
Eclipse Annular (Solar)	— சுருங்குக் குவிமீரணம், அதிரவக் நடுமறைப்பு
Eclipse Lunar	— சந்திரன் மறைப்பு
Eclipse Partial	— பகுதி மறைப்பு, குறை மறைப்பு, பாதிசுவ மீரணம்

Eclipse Solar	— உதிரவன் மறைப்பு
Eclipse Total	— முழுமறைப்பு, பூர்ணாமிசாரணம்
Ecliptic	— உதிரவன் பாதை, ஞானித்திரை தோற்றப்பாதை
Ecliptic obliquity of	— உதிரவன் பாதைச் சாய்வு
Ecliptic Limits	— மறைப்பு வரம்புகள்
Ecliptic Limits Major	— நீட்சியுடைய மறைப்பு வரம்புகள்
Ecliptic Limits Minor	— நீட்சிமற்ற மறைப்பு வரம்புகள்
Ellipse	— நீள்வட்டம்
Elliptic orbit	— நீள்வட்டப் பாதை
Equation of Centre	— மையக் குறை-நிறைச் சமன் பாடு (E)
Equation of Motion	— இயக்கச் சமன்பாடு
Equation of Time	— காலக் குறை-நிறைச் சமன்பாடு
Equator	— நடுவரை
Equator Celestial	— வான நடுவரை
Equator Terrestrial	— மண்ணுமேக நடுவரை
Equator Galactic	— விண்மீன் கூட்ட நடுவரை
Equator Plane of	— நடுவரைத் தளம்
Equinox	— சமநிலைப் புள்ளி
Equinox Vernal	— இனவேனிற் புள்ளி
Equinox Autumnal	— கிண்புதிற் புள்ளி
Equinox Precession of	— சமநிலைப் புள்ளி நகர்ச்சி, மேல் நுழைப்புள்ளி நகர்ச்சி
Expansion	— விரிவு
Expansion of the Universe	— பேரண்ட விரிவு
Explosive Star	— வெடி விண்மீன்
Eye-piece (of a telescope)	— விழியருகு விக்கி, காட்சியருகு விக்கி, கண்பக்க விக்கி

# F

Finder	— உதவி, சிறுதொலை நோக்கடி
Fluid	— நெகிழ்பொருள்
Focus	— குவியல்
Force	— விசை
Force Component of	— விசையின் பிரிவு
Force Field of	— விசைக்கூலம்
Force Gravitational	— ஈர்ப்புவிசை
Force Resultant	— விசைத் தொகை
Forecast	— முன்கூட்டிக் கூறு(தல்)

	<b>G</b>
Galaxy	— அண்டம்
Extra Galactic	— அண்டத்திற்குப்பால்
Gemini	— விதுனம்
Generate	— விளைவி, பிறப்பி
Generator	— சிறப்பாக்கி
Geodesy	— மண்ணுலக மேற்பகுதிக்குரிய
Geography	— புவிப்பியல்
Geometry, Spherical	— கோணவடிவ கணிதம்
Giant Star	— பெரிய விண்மீன், மீன் அரக்கன்
Graph	— வரைபடம்
Gravitation	— ஈர்ப்பு
Gravitation Constant	— ஈர்ப்பு மாறிலி
Gravitational Field	— ஈர்ப்புக் களம்
Greenwich	— கிரீனிக் - பூச்சிய நெட்டாங்குள்ள கிடம்
Greenwich Meridian	— கிரீனிக்முகிற் செல்லும் உச்சிக் கோடு
Greenwich Prime Meridian	— கிரீனிக் நல்லாய் உச்சிக்கோடு
Gyroscope	— சுழற்கருவி
	<b>H</b>
Harvest Moon	— அறுவடை மூலமதி
Heliocentric	— சூரியன் மைய, ஞானிற்று மைய
Heliocentric Theory	— ஞானிற்று மையக் கொள்கை
Heliometer	— விட்ட அளவுகருவி (சிறப்பாக்கி சூரியவானுடைய)
Hemisphere	— அரைக்கோளம்
Horizon	— தொடுவானம், அடிவானம்
Horizontal	— கிடை
Horizontal Line	— கிடைக்கோடு
Horizontal Plane	— கிடைத்தளம்
Hour	— மணி
Hour angle	— நேரக் கோணம்
Hunter's Moon	— வேடுவர் நிலவு (சந்திரன்)
Hyperbola	— அதிபர வளைபடம்
Hyperbolic orbit	— அதிபர வளைபட வியங்குமாதை
	<b>I</b>
Image	— பிம்பம், எதிரொலம்



## அகச்சொல் அகராதி

Imaginary	— உற்பனைபரண
Indian Standard Time	— இந்தியத் (தி)திட்ட நேரம்
Infinity	— முடிவிலி, அத்தளி
International Date Line	— நேதி மாறுவரை, உலகத் நேதி வரை
Inverse	— நேநேதி
Inverse Ratio	— நேநேதி விவிலம், எதிர்விவிலம்
Interval	— இடைவெளி
Inverse Square Law	— மிருபடி எதிர்விவில விதி
J	
Jupiter	— விபரண
Jupiter's Effect	— விபரண விவில
K	
Kepler's Laws	— கேப்ளர் விதிகள்
L	
Latitude	— அகரைக்கு
Latitude Parallel of	— அட்சரேகை, அகரைக்கு வரை
Latitude Co	— இணையகரைக்கு
Latus Rectum	— செங்கவலம்
Leap year	— 366 நாள் கொண்ட லீப் ஆண்டு
Leo	— சிம்மம்
Libra	— துரைம்
Libra Point	— துரைப் புள்ளி
Libration	— அகசவு
Libration Diurnal	— தினாதி அகசவு
Libration in Latitude	— அகரைக்கில் அகசவு
Libration in Longitude	— நெட்டசுக்கில் அகசவு
Light	— ஒளி
Light year	— ஒளியாண்டு
Limit	— எல்லை, வரம்பு
Local Time	— நலநேரம், ஊர்ப்பொழுது
Locus	— இயக்குவழி
Longitude	— நெட்டசுக்கு
Longitude Terrestrial	— மண்ணுலக நெட்டசுக்கு
Longitude Celestial	— வான நெட்டசுக்கு
Luminosity	— வெளிச்ச அளவு
Lunation	— மதிமாதம், திங்கை

Lunar Parallax	— சந்திரன் மீடயாற்றத் தேரத்தம்
Lune	— பிறை வடிவம்
<b>M</b>	
Magnetic field	— காந்தக்சைம்
Magnetic storm	— காந்தப் புயல்
Magnification	— உருப்பெருக்கம்
Magnifying power (Telescope)	— தொலைதொக்கியின் உருப் பெருக்கத் திறன்
Magnitude	— அளவு
Magnitude (Star) first	— முதல் ஒளித்தரம்
Magnitude (Star) Visual	— தேரத்த ஒளித்தரம்
Magnitude (Star) Absolute	— தனி ஒளித்தரம்
Major Planets	— (மகன்னுமை உட்பட) பெரிய தொக்கம்
Maps of Constellations	— விண்மீன்களின் வரைபடம்
Mars	— செவ்வாய்
Martian day	— செவ்வாய் நாள் (மீன்தேரம்)
Mass	— தனிவு, திறை, பொருண்மை
Matter	— உடம்பொருள், பருப்பொருள்
Mean	— சராசரி, மிடை, மிகையுறையு
Mean distance	— சராசரி தூரம்/தொலைவு
Mean Noon	— அமல் நகல்பகம், ச.ச. நகல்பகம்
Mean Sun	— சராசரிக் கதிரவன்
Mean Midnight	— அமல் நகல்பகவு, ச. ச. நகல்பகவு
Measure	— அளவு, அளவை
Mechanics	— (திறை) மீயக்கவியல்
Mercury	— புதன்
Meridian	— உச்சிவட்டம்
Meridian geographic	— மகன்னுமை துருவதேரை
Meridian circle	— உச்சி தூரம் அளக்கும் கருவி, உச்சிவட்டத் தொலைதொக்கி
Meteor	— எரியிடை, வீழ்மீன்
Meteorites	— விண்வெண், ஆகாயக் கற்கம்
Milky way	— பால்வழி, பால்மண்டலம், ஆகாய வட்டம்
Minutes (Angle)	— நிமிஷ (தேரம்)
Minute (Time)	— நிமிஷம் (தேரம்)
Mirror	— ஒளிமீட்டும் ஆகு/மகன்னுவு
Mizar	— வசிட்டி

Month	— மாதம்
Month Lunar	— திங்கள் (சந்திரன்வழி மாதம்)
Moon	— சந்திரன், மதி, திங்கள்
Moon Full	— முழுமதியம், முழுச்சந்திரன்
Moon Crescent	— பௌத்தசந்திரன்
Moon dichotomised	— அரைச்சந்திரன்
Moon Gibbous	— குமிழ்சந்திரன்
Moon Maria on	— திங்களிறுள்ள ஊட்டங்கள் சந்திரனிறுள்ள
Moon New	— அமாவாசை, நிருக்மதி
Moon Phase of	— பௌதபாசவு, சந்திரனின் நிலை
Moon Ramps and Rills of	— சந்திரனின் மலைத்தொடர்களும், மலை அடியுகளும்
Moon Surface features of	— சந்திர மேற்பரப்பின் இயல்புகள்
Moon's Motion	— சந்திரனியக்கம்
Moon Rise	— சந்திரோதயம்
Moon Rise Retardation	— சந்திரோதயம் பித்யோக்த தாமதம்
Motion	— இயக்கம்
Motion Angular	— கோண இயக்கம்
Motion Annual	— ஆண்டு இயக்கம்
Motion Circular	— வட்ட இயக்கம்
Motion Direct	— இடஞ்சுழி இயக்கம் (சுழக்கு இயக்கம்)
Motion Diurnal	— தினசரி இயக்கம்
Motion Elliptic	— நீள்வட்ட இயக்கம்
Motion Harmonic	— இசை இயக்கம்
Motion Longitudinal	— நீள்செறிஞ் இயக்கம்
Motion Periodic	— காலவட்டமுள்ள இயக்கம்
Motion Perpetual	— நித்திய இயக்கம்
Motion Planetary	— கோள் இயக்கம்
Motion Proper (of star)	— முழுநாளை நகர்ச்சி (விண்மீனின் மேற்புத்து சார்பியக்கம்)
Motion Relative	— சார்பு இயக்கம்
Motion Retrograde	— மேற்கு இயக்கம் வலஞ்சுழி இயக்கம்
Motion Transverse	— குறுக்கு இயக்கம்
Motion Uniform	— சீரான இயக்கம்
Motion of Rotation	— சுழற்சி இயக்கம்

Motion of a Top	— பம்புத்திசு இயக்கம்
Motion under Gravity	— ஈர்ப்புவிசை
Multiple	— மடங்கு
Multiple Star	— பல்விசு திரை
<b>N</b>	
Nadir	— வரையுந் தோள்குறி (N)
Nautical	— கடல் ஈர்த்த
Nautical Almanac	— மாதாமிர்ப் பஞ்சாங்கம்
Nautical Mile	— கடல் மைல் மாதாமிர்ப் மைல்
Nebula	— நெபுலம், ஒளிநுகிற் படிவம், ஒளி விசுவியல் குழாம்
Nebulae	— நெபுலங்கள்
Nebulae diffuse	— பரந்த நெபுலங்கள்
Nebulae planetary	— கோள் ஈர்த்த நெபுலங்கள்
Nebulae spiral	— சுருள் நெபுலங்கள்
Nodal line	— அணுஅணுரு
Nodal plane	— அணுத்தளம்
Node	— அணு, ஈத்திர்புகளி, பீதிமுனை
Node ascending	— ஏறாணு (இரகு)
Node descending	— இறங்காணு (கோது)
Nodal locus	— அணுப் பாதை
North circumpolar star	— கடற்குருவ மண்டலம் $\frac{\text{மதநயர்}}{\text{உதிர்வார்}}$ விசுவியல்
North declination	— கடக்கு. (தடுவணர்) விசை
North Pole	— கடற்குருவம்
Nova	— ஒளிநிலை
Nutation	— அச்சகலையு, அச்சநிலையு
<b>O</b>	
Object	— பொருள்
Object celestial	— $\frac{\text{விசுவியல்}}{\text{வானம்}}$ - பொருள்
Oblate spheroid	— திசுவட்டக் கோளம்
Obliquity	— சரிவு, சாய்வு
Observatory	— வானாண்ட்சி நிலையம்
Observer	— காட்சியாளன்
Observed data	— பதிவு செய்யப்பட்ட புகளி விவரங்கள்

Occultation	— கிடை மறைவு
Occultation of a star	— சத்திரனாகி விடுவதும் விண்மீள் கிடைமறைவு
Orb	— வட்டம், கோளம், விண்மீள்
Orbit	— இயக்குபாதை, ஒழுக்கு
Orbit circular	— வட்ட $\frac{\text{இயக்குபாதை}}{\text{ஒழுக்கு}}$
Orbit, Elliptic	— நீளவட்ட இயக்கப் பாதை
Orbit, Hyperbolic	— அதிபரவளைய இயக்கப் பாதை
Orbit, Parabolic	— பரவளைய இயக்கப் பாதை

P

Parsec	— பார்செக
Parallax	— கிடமாத தோற்றம்
Parallax Geocentric	— $\frac{\text{மண்ணுலகை}}{\text{புவி}}$ சுமயத் தோற்றம்
Parallax Diurnal	— பிறை
Parallax Annual	— $\frac{\text{ஆண்டு}}{\text{சதிரவன்}}$ சுமயத் தோற்றப் பிறை
Parallax Heliocentric	— அடிவானத் தோற்றப் பிறை
Parallax Horizontal	— விண்மீள் கிடைக்கோணம்
Parallaetic angle	— (அடிவான) கிளைவட்டம்
Parallel, of altitude	— அட்சரேகை
Parallel, of latitude	— குகை மறைவு
Partial Eclipse	— பகுதி
Pegasus Square	— குதிரை மண்டலம்
Penumbra	— குகைநிழல்
Perihelion	— மண்ணுலகின் அண்மைநிலை (சதிரவனிலிருந்து)
Perigee	— சதிரவனின் அண்மைநிலை (மண்ணுலகிலிருந்து)
Period	— காலம், காலவட்டம்
Period of nutation	— அச்சகசைவுக் காலவட்டம்
Period of a planet	— கோளின் சுற்றுக்காலம்
Period of revolution	— சுற்றுக்காலம்
Period of rotation	— சுழற்சிக் காலம்
Period of Totality	— சத்திரக்
of an Eclipse	— சதிரவன் முழுமறைவுக் காலம்
Periodic	— காலவட்ட ஒழுக்குடைய
Perpetual	— நித்திய

Perpetual day	— தலைத்த முத்தம் பகற்காலம்
Perpetual night	— தலைத்த மிரக்காலம் முத்தம்
Phase	— நிலை, நிலை, நிலை
Phase of the Moon	— சந்திரன் நிலையளவு
Phenomenon	— விவரணை, விவர திவந்தி
Photographic	— ஒளியளவு தரம்
Photographic magnitude	— ஒளியளவு அளவு
Photosphere	— ஒளிப்புவர்
Photo visual magnitude	— ஒளியளவு அளவு
Pisces	— மீனம்
Planet Inferior	— உட்கோள்
Planet Superior	— புறக்கோள்
Planet Major	— பெருங்கோள்
Platensoids	— சிறகோள்கள்
Pleiads (Pleiades)	— சிறுத்தினை
Polar Caps	— தருவ (பு)பரப்புக்கள் (க)குறியளவுகள்
Polaris	— தருவ கிரகம்
Pole	— முனை, தருவம்
Pole of a Great Circle	— பெருமட்ட அச்சமுனை
Precession	— பின்னாக்கி, பித்தோக்கு, முன்னாக்கி, அச்சத் திசை மாற்றம்
Precession of the Equinoxes	— சமநிலை புள்ளியின் பின்னாக்கி
Precession of the Earth's axis	— புவியின் திசைமாற்றம்/ அகலவு
Primary Circle	— முதலிலை வட்டம்
Principal axis	— தலையாச அச்ச
Principle	— தத்துவம்
Prime Vertical	— மூலக் குத்துவட்டம்
Projectile	— எறிபொருள்
Pulsating Stars	— விட்டுவிட்டுவளிகும் மீன்கள்
Pyramid	— கூத்தகோளும், மட்டைக்கூம்பு
Q	
Quadrature	— அரைப்பிறை நிலை

R

Radian	— ரூடிரவன்
Radiant Point	— சந்திர விசேஷ மூலம்
Ratio	— விகிதம்
Ratio Constant	— மாறாவி விகிதம்
Reduction to Equator	— தடுவரை ஒடுக்கம்
Regression	— பின்வாட்டல், பின்வாத்திரி
Regression of Moon's Nodes	— சந்திரக் கணுக்களின் பின் வாட்டல் (பின்வாத்திரி)
Regular	— ஒழுங்கான
Relative	— சாத்திய
Relative Error	— சாத்தியத்வ
Relative Velocity	— சாத்தியம்
Retrograde	— பித்போக்கு
Right Ascension	— வல ஏற்றம்
Ring	— வளையம்
Rings of Saturn	— சனிப்பின் வளையங்கள்

S

Sagittarius	— மீன், தனுசு
Saros	— சாரஸ் என்ற காலவட்டம், சந்திரன் மறைவுக் காலவட்டம் சந்திரவன்
Satellite	— துணைக்கோள்
Scalar	— திசையிலி, எண்ணிலி
Scorpio	— விருச்சிகம்
Scatter	— சிதறல்
Seasons	— பருவங்கள்
Second (angle)	— விநாடி
Second (time)	— விநாடி
Secondary	— துணைக் குத்தகவட்டம்
Section	— வெட்டுமுகம்
Semi-axes	— அரை அச்சங்கள்
Semi-circle	— அரைவட்டம்
Sextant	— கோணமானி
Shadow	— நிழல்
Shadow Cone	— நிழற்கூம்பு
Shape	— உருவம்
Shooting Stars	— வீழ்மீன்கள், விரிமீன்கள்
Sidereal	— வீணவழி

Sidereal Period	— விண்வழிக் காலவட்டம்
Sidereal Time	— விண்வழிக் காலம்
Signal	— சமிக்கை
Signal Radio	— சுதிரியக் க சமிக்கை, ரேடியோ சமிக்கை
Signs of the Zodiac	— பிரசுரினின் அடையாளம்
Solar	— சுதிரவனுக்குரிய
Solar Flares	— சுதிரவனின் நீக்கெழுத்துகள்
Solar Spectrum	— சுதிரவனின் நிற அடுக்கு
Solar System	— சுதிரவனின் குடும்பம்
Solar Time	— சுதிரவன்வழிக் காலம்
Solar Apparent Time	— சுதிரவன்வழித் தேர்த்தக் காலம்
Solar Mean Time	— சராசரிக் சுதிரவன்வழிக் காலம்
Solar Parallax	— சுதிரவன் மீடகாற்றத் தேர்த்தம்
Solstice	— சுதிரவன் திருப்பநிலை
Solstice Summer	— கோடைத் திருப்பநிலை
Solstice Winter	— யாழித் திருப்பநிலை
South	— தெற்கு
South declination	— தெற்கு விக்ககம்
Space	— மீடம், பெயி
Space Interplanetary	— கோளிடையெயி
Spectrum	— நிறயாலை, நிறநிரல்
Sphere	— கோளம்
Sphere Hollow	— உக்கிட்டுக் கோளம்
Sphere Solid	— திரைமக்கோளம்
Spherical angle	— கோளக்கோணம்
Spherical spiral	— அருளி
Spherical Equiangular	— சமகோணச் சுருளி
Standard	— திட்டமான
Standard Time	— திட்டமான தேரம்
Star	— விண்மீன்
Star Evening	— யாலை மீன்
Star Morning	— யாலை மீன்
Star of first magnitude	— முதல்தர விண்மீன்
Star Red	— சிவப்பு விண்மீன்
Star White	— வெண்மை விண்மீன்
Stationary	— நிலையான, கணநிலையான
Stationary Position	— நிலையான மீடம்
Sub-Solar point	— சுதிரவன் தேர்க்குப்ப புள்ளி



Sub-stellar point	— விண்மீன் நேர்க்குறிப் புள்ளி
Sub-lunar point	— சந்திரன் நேர்க்குறிப் புள்ளி
Sun	— சூரியன், சந்திரன், சூரியன்
Sun dial	— நாள்காட்டி மோடு
Sun Prominences of	— சந்திரனின் வட்டக்கோழுத்துகள்
Sun Spot	— சந்திரன் கறை
Sun Spot cycle	— சந்திரன் கறைக் காலவட்டம்

# Y

Tangent	— தொடுவரை
Tangent Plane	— தொடுவரைத் தளம்
Taurus	— கர்ங்கு, சிங்கம்
Telescope	— தொலைநோக்கி
Telescope Refracting	— ஒளிக்குடைந்த தொலைநோக்கி
Telescope Reflecting	— ஒளித்திரிகுப்பு தொலைநோக்கி
Telescope Tower	— கோபுர அமைப்புத் தொலைநோக்கி
Terrestrial Pole	— மண்நுழைத் துருவம்
Theory	— கோட்கலை
Tide	— அலை
Tide Spring	— மீயளம் அலை
Tide Neap	— மட்ட அலை
Time	— நேரம்
Time Civil	— அமல் நேரம்
Time Local	— ஊர்ப்பொழுது
Time Standard	— தாண்டு நேரம்
Time Summer	— கோடை நேரம்
Time Zonal	— மண்டல நேரம்
Transit	— உச்சிகடத்தல்
Transit Instrument	— உச்சிகடத்தல்களைத் தொலைநோக்கி
Twilight	— மெய்வொளி
Twilight Morning	— வைகறை மெய்வொளி
Twilight Evening	— அந்தி மெய்வொளி

# U

Umhra	— கருநிறம்
Unit	— அலகு
Universe	— பேரண்டம், பிரபஞ்சம்
Ursa Major	— பெருங்காடி, மண்டலம்

	<b>V</b>
Venus	— வெள்ளி
Venus Transit of	— வெள்ளி விடைபோட்டம்
Vernal Equinox	— கிளவேனிற புக்னி
Vertex	— உச்சி
Virgo	— கன்னி
	<b>W</b>
White Dwarf Stars	— வெண்குழ வில்வீல்கள்
Winter	— மார்ச்சு காலம் குளிர்
	<b>Y</b>
Year	— ஆண்டு, வருடம்
Year, Anomalistic	— அனாமஸ்திரை வண்டு, சேய்வண்டிரை வண்டு
Year, Civil	— திருவாச ஆண்டு, குடியாண்டு
Year, Leap	— தெட்டவண்டு
Year, Lunar	— மதியாண்டு
Year, Mean solar	— சராசரி சூரியத்து வழி ஆண்டு சதிரவன்
Year, Sidereal	— மீள்வழி ஆண்டு
Year, Tropical	— பருவ ஆண்டு
	<b>Z</b>
Zenith	— (வான) உச்சி, நேருச்சிப் புக்னி
Zenith distance	— உச்சி தூரம்
Zodiac	— சதிரவன் வீதி, கிரகச்ச சக்கரம்
Zodiac Path	— ஓசை, ஓசைவழி
Zodiac Signs and constellations of	— கிரகச் சூலங்கள், கீள் கூட்டங்கள்
Zodiacal light	— ஓசை கூட்ட ஒளி சதிரவன் வீதி எழுவொளி

# கல்லூரி நூல் வெளியிட்டு இயக்குநரகம்

தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் நிறுவனம், சென்னை.

1970 ஜனவரிவரை வெளியிட்டுள்ள நூல்கள்

பொருளாதாரம்		ரூ. பை.
*1. பொருளாதாரம்-I	... கி. வேலையுதம்	... 6 50
*1-அ. II	... "	... 9 00
*2. சோலியத் பொருளாதார வளர்ச்சி	... டாக்டர் எம். ஜே. கே. தவராஜ்	... 4 25
*3. அமெரிக்கப் பொருளாதாரம்	... "	... 4 50
*4. பொருளாதாரச் சித்தின் வரலாறு	... சொனூசலம்	... 7 00
*5. பன்னாட்டு வானியம்	... கு. குரோக்கிப்பாமி	... 6 00
*6. புதுமைப் பொருளாதாரக் கருவிகள்	... திருமதி ஓர். தாமராஜாட்சி	... 12 00
*7. பொருளாதாரம்—ஓர் அறிமுகம்-I	... தி. சி. ரோசன்	... 12 00
*8. II	... எம். ஏ. சூப்ரீலாமி, பி. வி. சூரீலாசன்	... 10 75
*9. பொருளாதாரக் கோட்பாடு வளர்ந்த வரலாறு	... க. முத்தையன்	... 7 00
*10. பணவியலும் பாக்கியமும்—I	... கி. வேலையுதம்	... 6 75
*11. II	... "	... 11 50
*12. தலீன பாக்கு கிபக்	... க. வெத்தியேல்	... 7 50
*13. கிரீக்கிப் செலாவணியும் பாக்கு முறையும்	... பி. வி. சூரீலாசன்	... 5 50
*14. அரபுக்கத் திபக்	... ஆர். சேஷசாயம்	... 4 75
*15. கிரீக்கிப் பொருளியல்—I	... எம். பாலகாந்திரமணியன்	... 10 00

\* மூலநூல் (Original Books)

பொருளாதாரம்—(தொடர்ச்சி)

16.	தித்தியப் பொருளியல்—II	...	எம். துரேதராதர்	...	ரூ. 4	25
17.	மமது பொருளாதாரம் பிச்சினை—I	...	சி. சுந்தரராஜன்	...	...	10 75
18.	" " " " II	...	எம். குமுந்தராதர்	...	...	10 50
19.	கிங்கிளத்தின் பொருளாதார வரலாறு—I	...	கீ. சி. கிராமசாமி	...	...	6 00
20.	" " " " II	...	"	...	...	6 00
21.	அமெரிக்காவின் தனிய பொருளாதார வளர்ச்சி ...	...	தி. சி. யோகன்	...	...	5 00
22.	அமெரிக்கப் பொருளாதார வரலாறு—I	...	மூ. க. கப்பிரமணியம்	...	...	11 00
23.	" " " " II	...	இ. வி. சீனிவாசன்	...	...	6 00
24.	" " " " III	...	"	...	...	6 50
25.	அரசாங்க தித்தியவியின் பொருளாதாரம்—I	...	எம். குமாரசாமி	...	...	10 00
26.	" " " " II	...	அர். சேஷசகலம்	...	...	9 50
27.	தித்தியவியின் பொருளாதார வளர்ச்சி—I	...	கு. வெளப்பன்	...	...	10 00
28.	" " " " II	...	ஜி. சிதம்பரம்	...	...	10 00
29.	பணம்—சிறு விவரம்	...	கே. கிராதரகிருஷ்ணன்	...	...	8 00
30.	வணிக வியலின் தத்துவங்கள்	...	கே. கிராதரகிருஷ்ணன்	...	...	10 00
31.	பத்திரப்பதம் துதிறுண்டுகள் கிரேட்	...	கு. குமுந்தராதர்	...	...	9 50
32.	விசிட்டனிக் தொழில்-வணிகம் புரட்சி	...	கு. எம். கருப்பன்னை	...	...	11 00
32.	பென்சன் பொருளாதாரம்—I	...	"	...	...	11 00
33.	" " " " II	...	எம். குமுந்தராதர்	...	...	7 00
34.	வரவு செலவுத் திட்டம்	...	கு. ரங்கசுப்பிரி	...	...	6 00
35.	பல்குடும்ப பொருளாதாரம்—I	...	கு. குமுந்தராதர்	...	...	7 50
36.	" " " " II	...	கே. என். கிராமசாமி	...	...	9 00
37.	பொருளாதார ஒப்பீடு தூம்—I	...	கே. கிராதரகிருஷ்ணன்	...	...	7 75
38.	" " " " II	...	"	...	...	7 00



வரலாறு—(தொடர்ச்சி)

57. நித்தியாவின் சிற்றடி வரலாறு—I	...	தி. வெ. குப்பையா	...	7 50
58. " " II	...	ஏ. உதயசூர் கோபுர்	...	9 00
59. " " III	...	சி. பால்குடிசுவர்	...	11 00
60. கிரேக்கரோடு வரலாறு—I	...	சுமயம் ஐ. எம். பாக்ஸ்டீயுடைய	...	7 50
61. " " II	...	"	...	7 00
62. " " III	...	பி. பிரபாகரன் தேவதாஸ்	...	7 75
63. ஆக்ஸ்போர்டின் நித்திய வரலாறு—I	...	தி. வெ. குப்பையா	...	8 25
64. " " II	...	ஏ. உதயசூர் கோபுர்	...	7 50
65. " " III	...	க. த. திருநாவுக்கரசு	...	10 50
66. குகலாபுர் வரலாறு—I	...	ஏ. உதயசூர் கோபுர், எம். எக்ஸ். பிரபாகரன்	...	7 50
67. " II	...	எம். எக்ஸ். பிரபாகரன், பி. பால்குடிசுவர்	...	7 75
68. ஆக்ஸ்போர்டின் வரலாறு—I	...	சுவ. விருத்திசூர்	...	7 50
69. " II	...	சுவ. விருத்திசூர், பிரப. அம். குமாரன்	...	6 75
70. " III	...	பி. பால்குடிசுவர், பி. பால்குடிசுவர்	...	6 50
71. " IV	...	பி. பால்குடிசுவர்	...	7 00
72. ஆக்ஸ்போர்டின் சமுதாய வரலாறு—I	...	சி. க. பிரபாகரன்	...	6 50
73. " II	...	சி. க. பிரபாகரன்	...	6 50
74. " III	...	பி. பால்குடிசுவர்	...	6 75
75. நித்தியாவின் குகலாபுரின் ஆட்சி—I	...	பி. பால்குடிசுவர்	...	6 50
76. " II	...	பி. பால்குடிசுவர்	...	5 00
ஆரம்பம்	...	ஏ. உதயசூர் கோபுர்	...	6 00
77. ஆரம்பம் அமைப்புகள்	...	பி. பால்குடிசுவர்	...	4 60
78. ஆரம்பத்தின் வரலாறு	...	பி. பால்குடிசுவர், ஏ. க. குப்பையா	...	7 50

79.	நித்திய அரசியலமைப்பு	...	வீ. கண்ணையா	...	4	75
80.	அரசியலுக்கு ஒர் அறிமுகம்	...	டி. செல்வப்பா	...	8	00
81.	தந்தைய அரசியல் அமைப்புகள்	...	மேன. வங்குமன் கிளார்க்	...	8	50
82.	பங்குண்டு அரசியல்—I	...	திரும்பி டிராஜாஸ்-பாயா	...	16	00
83.	" II	...	"	...	13	25
84.	பொதுத்தொற ஆட்சி நிலம்—I	...	வீ. கண்ணையா	...	9	00
85.	" II	...	ஆ. ஜெகதீசன்	...	7	25
86.	பொதுத்தொற ஆட்சியிலுக்கு ஒர் அறிமுகம்—I	...	வீ. கண்ணையா	...	7	50
87.	" II	...	டி. செல்வப்பா	...	7	50
88.	நித்திய அரசியலமைப்புத் திட்டம்	...	தி. மே. குப்புசாமி, எம். சுப்பிரமணியன்	...	9	25
89.	நித்திய ஆட்சி அமைப்புமுறை வரைச்சி—I	...	வீ. கண்ணையா	...	6	25
90.	" II	...	வீ. கண்ணையா, கி. ப. அனுமந்தன்	...	5	75
91.	" III	...	கி. ப. அனுமந்தன்	...	7	25
*92.	மக்கள் ஆட்சி	...	க. சத்தியன்	...	4	25
93.	1919 முதல் 1970 வரையிலான உலக அரசியலுள்	...	என். ஜே. ராஜகோபால்	...	7	25
94.	சமூக, அரசியல் சொற்களின் விவரப்பகுதி	...	மேன. வங்குமன் கிளார்க்	...	7	00
95.	அரசியலமைப்புத் திட்ட, குடியிக்கு ஒர் அறிமுகம்—I	...	பா. குடியநாராயணன்	...	5	75
96.	" II	...	பா. குடியநாராயணன், கி. ப. அனுமந்தன்	...	6	00
97.	" III	...	கி. ப. அனுமந்தன்	...	5	75

\* முழுக் (Original Book)

**உளவியல்**

98. குழந்தைத் உளவியல்—I	...	கி. ஈ. அம்பிகர்ணசுரணி	...	ரூ. 8 00
99.       "       "       II	...	"	...	" 7 00
100. உட்கவர் மனம்	...	சி. ந. வைத்தீசுவரன்	...	" 7 00
101. கிளைமென்ட் உளவியல்—I	...	தி. கிரா. அரங்கராசன்	...	" 12 00
102.       "       "       II	...	"	...	" 9 00
103. சமூக உளவியல்	...	சைர். ரேதலாணி மானுரேன்	...	" 9 25
104. பிரத்தியக் உளவியல்	...	அ. பெரிசைட் கிரெய்ரத்	...	" 11 00
105. பிரத்தின் உக்கம்	...	"	...	" 3 00
106. குழை உக்கம்	...	பாசுட் ரூ. அந்தம்	...	" 6 25

**தத்துவம்**

107. நித்த சமயத் தத்துவம்	...	ரூ. ராஜராமகிருஷ்ண	...	5 50
108. அநிய ஆசனத்தி நியம்	...	சுர். ராமகிருஷ்ணசுரணி	...	3 50
109. மெனோன் நித்த தத்துவம்	...	சுர். எம். தேசிகன்	...	3 50
110. அத்தகுறித் தத்துவம்	...	மே. மே. காத்தி	...	6 50
111. ஆகஸ்தினேவஸ் பரன்வழிக் கொள்கையினர்	...	மே. வத்தூவன் கிராசுரன்	...	5 50
112. நித்தியத் தத்துவம்—I	...	க. அ. தேவரெண்டி,	...	3 50
	...	பா. நர். சண்முகநாதன்	...	6 00
113.       "       "       II	...	"	...	6 00
114. வெம்பெரெகுளியல்—ஒர் அநியுயம்—I	...	சி. பிரபாகரன்	...	8 50

**அறவியல்**

115. அறவியல்—ஒர் அநியுயம்	...	மே. மே. காத்தி	...	2 50
அளவையியல்	...		...	
116. அளவையியல்—தேவகிசு தூம்	...	கி. ஈ. அம்பிகர்ணசுரணி	...	2 50



மாணிடவியல்

117. மாணிடவியல்	...	ம. க. கோபாலகிருஷ்ணன்	...	4	75
118. பண்டசட்டுக் கோவிலை	...	தி. பூ. சுப்பிரமணியம்	...	5	50
*119. நித்தியவியல் குடியரசுவாழ் வரங்களை சமூகவியல்	...	என். கிரேக்கம்	...	3	50
120. சமூகவியலின் அடிப்படைக் கோட்பாடுகள் புதிதாய்	...	ஜே. நாராயணன்	...	10	50
121. ஆசிரியர்—I	...	கே. கோஷ். நரசிம்மன்	...	9	50
122. " II	...	"	...	8	75
123. கிரேக்கப் பாடல் கவிதைகளின் புதிதாய்	...	டி. என். நாராயணன்	...	8	50
*124. தொழிலக குடியரசு	...	ஜி. கிருஷ்ணமூர்த்தி	...	8	50
*125. கல் அமைதி	...	லுயிசு பிரா. அலியோ	...	8	25
*126. தொல் கலைகள்	...	எம். என். பத்மநாபன்	...	9	00
*127. தொல் கலைகள்—சூழ்நிலை	...	திருமதி எச். தியூயன்	...	4	00
128. " —சூழ்நிலை	...	என். முத்துக்கிருஷ்ணன் காரையாள்	...	3	25
*129. புதிதாய் வியல்—II	...	நா. அனந்தபதிநாயகன்	...	6	00
*130. சமீபத்திய புதிதாய்	...	சு. ஜெயச்சந்திரன்	...	9	00
*131. மகன் பரம்பல்	...	வி. என். அனந்தபதிநாயகன்	...	6	25
*132. சமீபத்திய வியல்	...	கே. பிரமணம்	...	6	50
133. காலநிலை வியல்—I	...	கே. கோஷ். நரசிம்மன்	...	10	00
134. " II	...	"	...	5	00
*135. காலநிலை வியல்	...	திருமதி பிரதீபா	...	10	00
136. வானியல் குறித்து	...	கே. பிரமணம்	...	11	00
*137. புதிதாய் வியல்	...	சி. விசுவநாதன்	...	4	75

\* மூலநூல் (Original Book)

புனித்யம்—(தொடர்ச்சி)

138. பொன்திகர் புனித்யம் புனித்யம் புனித்யம்

139. சிவோயிள் வானியல் புனித்யம்—I

140. " II

141. " III

புனித்யம்

\*142. புனித்யம்—புனித்யம்

143. புனித்யம் முறைகள்—I

144. " II

145. தம்மம் சுந்தியுள்ள பொருள்

உயர் குணம்

\*146. ஆயத்தொலை வடிவகணிதம்

\*147. வகை குணகணிதம்

\*148. தொலை குணகணிதம்

விவகியம்

\*149. விவகியம்

பொன்திகாரம்

150. ஒளி தூர்

விவகியம்

\*151. வானியல் பொருள்

\*152. செவ்வா

\*153. வகை-வகை

\*154. பொருள்

சு. அப.

... 6 00

... 9 50

... 12 00

... 5 75

... 10 00

... 10 00

... 14 00

... 6 50

... 12 50

... 8 00

... 9 00

... 12 00

... 10 00

... 6 00

... 4 75

... 4 50

... 3 50

சு. அப.

... 6 00

... 9 50

... 12 00

... 5 75

... 10 00

... 10 00

... 14 00

... 6 50

... 12 50

... 8 00

... 9 00

... 12 00

... 10 00

... 6 00

... 4 75

... 4 50

... 3 50

சு. அப.

... 6 00

... 9 50

... 12 00

... 5 75

... 10 00

... 10 00

... 14 00

... 6 50

... 12 50

... 8 00

... 9 00

... 12 00

... 10 00

... 6 00

... 4 75

... 4 50

... 3 50

சு155. தாவரம்—வாழ்குல் வகைகளும்	...	பாக்டர் கு. சீனிவாசன்	...	2	00
சு156. கரும்பு	...	கு. பெரியசாமி	...	4	00
சு157. தாவரங்களின் வாழ்வியல்	...	எம். சுந்தரம்	...	6	50
மருத்துவம்					
சு158. நீரிழிவு—காயப்பேரகம்	...	பாக்டர் ஜி. வேங்கடசாமி, பாக்டர் ஏ. சுதிவேசன்	...	2	50
159. மகட்டுபெருகல் மரத் தேயுழம்	...	பாக்டர் (ஜார்ஜ்) மணிமேகலை	...	2	25
சு160. பாக்காவியம்	...	சு. சுந்தரம்	...	2	50
161. புத்தேதெய்	...	ஆ. சுதிவேசன்	...	3	50
162. உடலியக்கியல்—I	...	பாக்டர்கள் ஜி. வேங்கடசாமி, டி. சரோஜினி, எம். கே. குகநாராய், ஆர். சேது	...	6	75
163. "	II	பாக்டர் ஆ. சுதிவேசன்	...	5	50
164. சர்புருக்கி நோய்			...	7	25
பொறியியல்					
165. நீர்ச்சேற உதிகள் லிட்டைக் கட்டளம்	...	கே. வி. கிருஷ்ணராஜ், சி. ஆர். சுப்பிரமணியம், ஆர். பிரமச்சாமி, கே. வேணுகேசவரன்	...	8	50
கூட்டுறவு					
166. உலகக் கூட்டுறவு நியக்கம்	...	ஆ. வேங்கடசாமி	...	5	50
சட்டம்					
சு167. குற்றவியல் சட்டம்	...	எம். சுந்தரகவுட்டுரமணியம்	...	10	00
பொது நூல்கள்					
168. மகாபாரத சாத்திரம்	...	சரஸ்வதி நக்கைவர்	...	3	25

Clustering Gradient Descent (CGD) [14]

169.	விவராயம் புரட்சி	...	வி. சுந்தரேசுவரன்	...	5 00
*170.	சோம கைஞ்சல்	...	ஆ. சுப்பிரமணியம்	...	2 50
*171.	முத்திரைச் சோழர் கையெழுத்துச் சித்திரம்	...	எம். ஆர். பாலசுப்பிரமணியம்	...	9 00
*172.	உணவுப் பண்டங்கள்	...	தி. வெங்கடகிருஷ்ணசுவாமிச்சர்	...	4 50
<b>புதுமுக (P. U. C.) வகுப்புகளுக்குரியவை</b>					
*173.	உலக வரலாறு	...	ஏ. ஆர். கிராமச்சந்திரன்	...	4 00
*174.	பொருளாதாரம்	...	ஜி. சிதம்பரம்	...	2 75
*175.	வணிகவிழாக்களுக்கு ஓர் அறிமுகம்—I	...	கு. அருளுடைய நிகர்செ	...	2 50
*176.	" "	...	" "	...	2 25
*177.	பொருளாதாரம்	...	பாகபதி பி. திருமுனைசாமிப்பத்தம்,	...	7 50
		...	ஆர். தாமரைஞ்சல்	...	5 75
*178.	புதுமுக பொருளாதாரம்	...	பாகபதி எம். ஏ. தங்கராஜ்	...	7 00
*179.	புதுமுக வகுப்புகள் கணிதம்—I	...	கே. சாஜுலோபசாரன்	...	3 00
*180.	" "	...	" "	...	7 00
*181.	புதுமுக வகுப்புகள் கணித தரம்—I	...	ஏ. வேணித்தாராஜன், முத்துசாமி	...	4 50
*182.	" "	...	" "	...	4 75
*183.	கணிதம்—ஓர் அறிமுகம்—I	...	ஆர். மாணேசுவரன்	...	3 25
*184.	" "	...	" "	...	7 00
*185.	வேதியியல்	...	பி. ஏ. முனிப்பாளர், ஆர். முத்துசாமி	...	5 50
*186.	புதுமுக வேதியியல்	...	சி. ஏ. பதிமதாசன்	...	4 00
*187.	விவகாரம்	...	எம். ஆர். சுவாமி	...	7 25
*188.	புதுமுக விவகாரம்	...	பெ. மா. அண்ணாமலை	...	4 50
*189.	புதுமுக வகுப்புகள் தாவரவியல்	...	எம். சுந்தரன்	...	...

## பட்டப்படிப்பிற்குரிய (B.Sc.) ஸூக்கள்

பொதுகம் (Physics)	கு. எண்.
*190. எந்திரவியல்—சிதர்ப்புப்பாடம் (Book I)	... 6 25
*191. வெப்பவியல்—சிதர்ப்புப்பாடம்	... 5 25
*192. சொடுமுறை பொருள்கள்—சிதர்ப்புப்பாடம் (Book I)	... 4 50
*193. பொருள்கள்—தூண்டிப்பாடம்-I (Book I)	... 4 00
*194. " (Book II)	... 3 00
*195. சொடுமுறை பொருள்கள்—தூண்டிப்பாடம்	... 4 50
*196. மிகு வியல்—சுருட்டியல் (Book I)	... 4 75
*197. மிகு வியல்—சிதர்ப்புப்பாடம்	... 7 75
<b>வேதியியல் (Chemistry)</b>	
*198. சொடுமுறைக் கனிய வேதியியல்—சிதர்ப்புப்பாடம்...	... 2 25
*199. பொருள்கள் வேதியியல் (Book I)	... 4 00
*200. கனிய வேதியியல்—தூண்டிப்பாடம்	... 6 50
*201. கனிய வேதியியல் (Book I)	... 4 00
*202. பொருள்கள் வேதியியல்—தூண்டிப்பாடம்	... 4 75
<b>கணிதம் (Mathematics)</b>	
*203. கியூப்கணிதம்—சிதர்ப்புப்பாடம் (Book I)	... 4 25
*204. சொடுமுறை கணிதம்—சிதர்ப்புப்பாடம்	... 2 00
*205. கணிதம்—கணிதம்—சிதர்ப்புப்பாடம்	... 5 50
*206. திசுவினை கணிதம்—சிதர்ப்புப்பாடம்	... 3 25
*207. கணிதம்—தூண்டிப்பாடம்	... 6 00
* முழுதல் (Original Book)	

கணிதம்—(9 நாட்கள்)			
*208. நிலையம்—சிதம்பரம்	... கே. பிரஜேஷர்	... 5 00	
புள்ளியியல் (Statistics)			
*209. புள்ளியியல்—துணைப்பாடம்	... என். குமாரபா	... 3 50	
விலங்கியல் (Zoology)			
*210. முதுகுநாணுக்களமை—I—சிதம்பரம்	... சூ. முருகேசன்	... 11 50	
*211. " II—சிதம்பரம்	... திருமதி எம். கே. வர்ணி	... 11 25	
*212. முதுகுநாணுக்களமை—I—சிதம்பரம்	(Book I)...		
*213. " " (Book II)...	... திருமதி என். சந்திரா	... 8 00	
*214. முதுகுநாணுக்களமை—II—சிதம்பரம்	... " "	... 9 75	
*215. முதுகுநாணுக்களமை—துணைப்பாடம்	... திருமதி கிருஷ்ணவேணி நாராயணம்	... 11 75	
*216. முதுகுநாணுக்களமை—துணைப்பாடம்	... என். பிரமலிங்கம்	... 9 00	
தாவரியல் (Botany)	... வி. சேது	... 10 00	
*217. தாவரவியல் உள் அமைப்புகளும்			
வகைப்பாட்டையும்—சிதம்பரம்	... கே. ராஜேஷர்	... 11 00	
*218. தாவரப் புற அமைப்புகள்	... கே. பாலசுந்தரிவேணி	... 9 25	
*219. தாவர உள் அமைப்புகள்	... டாக்டர் ஏ. வெனித்தாஜா	... 7 25	
* மூலநூல் (Original Book)			

**கல்லூரி நூல் வெளியீட்டு இயக்குநரகம்  
தமிழ்நாட்டுப் பாடநூல் திறுவுணம்  
பட்டப்படிப்பு**

**அறிவியல் பாட நூல்கள்—1970**

1. சூத்திரவியல், உடத்தொயவியல்—திரு. டி. சூத். கிருஷ்ணன்
2. அறிமுகத் தேதியியல் —திரு. டி. சூத். சூரிய  
தாராபணம்
3. பொது பொதிகம் —திரு. க. ப. கந்தாசி,  
திரு. மு. திவாகர்தனம்
4. வெக்டர் கணிதமும் அதன் பயன்பாடுகளும் —திரு. சூத். மாரதேவன்
5. தாவரத் சூத்திரவியல், மர —டாக்டர் கு. பெரியசாமி  
வியல், உயிர்மருட இயல்,  
இயல்வியல்-தூண்ப்பாடம்
6. பொதிகம்-தூண்ப்பாடம்- —திரு. ஈ. வே. கர்பீர  
பகுதி-2 மணியன்
7. இயற்கைய பொதிகம் —டாக்டர் எம். ஏ. தகராஜ்
8. ஒளி நூல் —திரு. டி. முருகையன்
9. கணிதம்-தூண்ப்பாடம்- —திரு. சூத். அம்பகவாசி  
பகுதி-2
10. மூப்பரிமாணப் பகுமுறை வடிவ கணிதம் —திரு. க. சிவகந்தாமணியம்
11. தாவரவியல்-தூண்ப்பாடம் —திரு. பா. கிராசாரம்
12. செவ்வியல் —திரு. என். கிராமவிக்ரம்
13. மரவியல் — திரு. பெ. மா. அன்னாமலை
14. தாவரவிக்ரம் வடிவக் கை —திரு. என். கந்தாசி
15. அங்கக வேதியியல்-தூண்ப்பாடம் —திரு. சீனம். கிராமாசி
16. செய்முறைத் கரிம வேதியியல் —டாக்டர் என். சூதமுனம்
17. முதுகெழும்புகளது கருவியல் —திரு. என். சூதமுனம்
18. சூத்திரவியல், பரிணாமம், மரவியல் —திரு. கே. சூத். பாரததார  
கணினம்
19. பெரிபொக்கைபட்டா- —திரு. கே. கிராமசேகர்  
ஜிக்குறும்பெரி
20. கரிம வேதியியல்-பகுதி-1 —திரு. கி. கண்ணபிரகம்
21. கரிம வேதியியல்-பகுதி-2 —திரு. கி. கண்ணபிரகம்
22. வானியல் —திரு. தி. கோவிந்தராமன்,  
திரு. வெ. முத்தசாமி
23. தாவரவியல்-பாசிகளும் —டாக்டர் வே. கோ. கந்தா  
பூக்குறும்பெரி கிணம்

இவை அடக்கவிலை வெளியீடுகள்—அறிவு இக்கம்